aB

Radio-amatora

SPIS TREŚCI

WSTĘP

Tak. To już jest szóste wydanie mojej książki pt. „ABC radioamatora". Już sto kilkadziesiąt tysięcy egzemplarzy znalazło się na rynku księgarskim, a więc i co najmniej taka sama ilość Czytelników zapoznała się z najprostszymi zasadami radiotechniki.

Zdawałoby się, że jest to duża liczba Czytelników, entuzjastów radiotechniki, i że chyba już wszyscy się zapoznali z zagadnieniami otwierającymi dostęp do tajemnic „radia".

Tak jednak nie jest. Przypomnijcie sobie drodzy Czytelnicy, jak każdy z nas rozpoczynał naukę czytania i pisania od poznania liter i układania najprostszych wyrazów i zdań. Z czasem umiejętność tę opanował i dzisiaj, w dojrzałym już wieku, często z politowaniem patrzy na elementarz, z jakiego korzystał, a który dla niego wówczas był trudny i nieraz sprawiał dużo kłopotu.

Podobnie sprawa przedstawia się z „elementarzem" z zakresu zagadnień radiotechniki. Najpierw stawia się pierwsze kroki, po tym uzyskuje się coraz więcej i więcej wiadomości, a w końcu tajniki radia stają się całkowicie zrozumiałe. Po latach książka taka wydaje się zbyt prosta i łatwa.

Niemniej jednak ludzi ciekawych nie brak i nie jest brak młodzieży, którą radio pociąga i którzy pragną zdobyć najprostsze wiadomości z tej dziedziny. Szczególnie Ci ostatni zawsze będą znajdować się w każdym społeczeństwie, gdyż na miejsce tych co dorastają wchodzą nowi — młodsi.

Czas biegnie naprzód i naprzód, w bardzo szybkim tempie kroczy postęp techniki radiowej. Wymagania rosną, a coraz to nowe wynalazki i usprawnienia powodują wprowadzanie nowych układów radiowych, sprzętu i konstrukcji.

Nowe lampy elektronowe o miniaturowych wymiarach oraz tranzystory, schematy „drukowane" w konstrukcjach radioodbiorników i wzmacniaczy, miniaturowy sprzęt techniczny itp. nakładają na mnie obowiązek wprowadzenia zmian do książki w celu zapoznania z nimi Czytelnika.

Pragnę, aby książka ta spełniła te wymagania, a czy spełni — oceni sam Czytelnik. Byłbym bardzo zadowolony z włożonej pracy, gdyby po przeczytaniu tej książki Czytelnik mógł chociaż powiedzieć: nareszcie coś nie coś wiem z radiotechniki i wiem, jakie są najnowsze osiągnięcia w tej dziedzinie.

mgr inż. Cz. KLIMCZEWSKI

Od czego się to zaczęło?

Pewnego dnia Kasia przyszła do mieszkania Wojtusia, z którym chciała wysłuchać ciekawej audycji radiowej. Audycja była bardzo ciekawa, lecz w pewnym momencie zaczęła być zakłócana silnym, przerywanym warkotem.

Tr... Trr... Tr... Trrr... — warkot mieszał się z dźwiękami audycji.

Poderwali się z krzesełek, przy czym Wojtuś przypadkowo spojrzał w okno.

Zobaczył, że na ulicy, tuż przed oknem mieszkania, sąsiad „zapuszcza" swój motocykl. Ze zdziwieniem zauważył, że w momentach, w których występował silny warkot zakłócający audycję, silnik motocykla głośno pracował; gdy pracę przerywał, zakłócenia w odbiorze znikały.



Wojtuś chwilę się zastanowił i zwrócił uwagę Kasi na to zjawisko.

Jak myślisz? Jaka może być tego przyczyna? — spytała Kasia.

Wiesz co? — odpowiedział Wojtuś — Myślę, że w czasie, gdy silnik motocykla pracuje, wytwarza jakieś fale, podobne do fal radiowych, jakie wysyłają radiostacje. Fale te, tak jak fale radiowe, oddziałują na antenę naszego odbiornika, w wyniku czego odtwarzana audycja zostaje silnie zakłócana takim lub innym warkotem albo trzaskami.

Wiesz? Dobrze by było, aby Pan Profesor dokładnie wytłumaczył nam to zjawisko i w ogóle objaśnił nam, jak pracuje radio. Jakie jest twoje zdanie o moim projekcie?

Zgoda — rzekła Kasia. — Porozmawiamy o tym jeszcze z koleżankami i kolegami i wszyscy poprosimy Pana Profesora o uwzględnienie w swoich pogadankach z fizyki również i zagadnień związanych z radiem. Dobrze?

No to chodźmy.

Pan profesor ucieszył się że dzieci interesują się radiem i przyrzekł poprowadzić pogawędki, które im wyjaśnią wiele ciekawych zagadnień związanych z tą dziedziną wiedzy.

Idziemy właśnie dzisiaj na wycieczkę — zakończył pan profesor — będziemy mieć okazję do rozpoczęcia pogawędek. Przygotujcie się jednak, że nie od razu wszystko będzie dla Was jasne, najpierw musicie zapoznac się z podstawowymi zagadnieniami z elektryczności, a następnie dopiero będziemy omawiać zagadnienia występujące w radiotechnice. Zgoda?

A więc zaczynamy.

I. ELEKTRYCZNOŚĆ

1. Trochę o budowie materii, atomach, elektronach i prądzie elektrycznym

Musicie wiedzieć, że wszystko, co znajduje się we wszechświecie, a więc i wszystko to, co nas otacza na ziemi i my sami — wszystko jest materią składającą się z różnorodnych, niezmiernie małych cząsteczek, zwanych **atomami**. Kawałek żelaza, kropla wody czy drobina tlenu jest zbiorem miliardów atomów — innych w żelazie, innych znów w wodzie czy tlenie.



Atomy te są tak małe, że nawet przez najsilniejsze mikroskopy elektronowe nie są widoczne; tak małe, że na długości jednego milimetra można by ich ułożyć, jeden za drugim — około 10 000 000.

A teraz będziemy operowac analogią.

Z daleka widzicie las, który przedstawia się jako ciemne pasmo, stanowiące jakby jednolitą całość (las odpowiada np. kawałkowi żelaza). Podchodząc bliżej brzegu lasu widzimy pojedyncze drzewa (w kawałku żelaza odpowiada to atomom żelaza). Las składa się z drzew, tak jak każda materia (np. żelazo) składa sie z atomów.



Inne są drzewa w lesie iglastym, a inne — w liściastym, podobnie jak inne atomy są w cząsteczkach różnych pierwiastków chemicznych. Inne atomy są więc w żelazie, a inne np. w tlenie, węglu, wodorze itp.

Podchodząc jeszcze bliżej do drzew (atomów) w lesie widzimy, że składają się one z pnia i liści. Podobnie

i atomy materii składają się z tzw. **jądra** (pnia) i **elektronów** (liści).

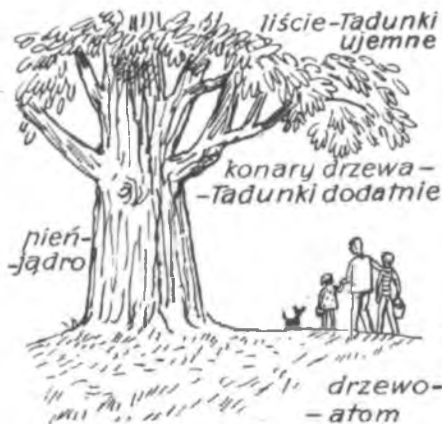
Pień drzewa jest ciężki i **jądro jest ciężkie** — stanowi ono **dodatni**



ładunek elektryczny (+). Liście są lekkie i **elektrony są lekkie** — stanowią one **ujemny ładunek elektryczny** (—).



Warto wiedzieć, że chociaż atom ma tak wprost niewyobrażalnie małe wymiary, znajdujące się w jego środku jądro jest jeszcze 10 000 razy mniejsze od niego. W tym ciężkim jądrze (pień drzewa) mieści się prawie cała masa atomu i całkowity jego dodatni ładunek elektryczny, gdyż elektrony mające ujemny ładunek elektryczny są bardzo lekkie.



Tak jak drzewo może mieć pień z kilkoma koronami i różną ilość liści, tak atom może składać się z jądra o kilku elementarnych ładunkach dodatnich, stanowiących łącznie całkowity ładunek dodatni takiego jądra. Takie elementarne, dodatnie ładunki elektryczne w jądrze nazywamy **protonami**. W normalnych warunkach całkowity dodatni ładunek każdego jądra w atomie równoważony jest ujemnym ładunkiem elektronów.

Najprostszy atom składa się z jądra, mającego tylko jeden proton (elementarny ładunek dodatni) oraz jeden elektron (elementarny ładunek ujemny). Jest to atom gazu — wodoru. Ilość protonów w jądrze jest w różnych atomach różna, zależnie od pierwiastka chemicznego (materii), jaki one tworzą. Ponieważ w normalnych warunkach atom, jako całość, jest zawsze „elektrycznie obojętny, więc dla uzyskania takiej równowagi elektrycznej musi być w atomie tyle elektronów (elementarnych ładunków ujemnych), ile jest protonów w jego jądrze (elementarnych ładunków dodatnich).

Wspomniałem już Wam, że elektron jest bardzo lekki, znacznie lżejszy od jądra, i że cała prawie masa (ciężar) atomu mieści się w jego jądrze. Dla uzupełnienia podam Wam, że masa (ciężar) jednego elektronu jest około 1800 razy mniejsza niż masa (ciężar) jednego protonu. Im więcej jest protonów w jądrze, tym więcej musi być i elektronów w atomie, aby go uczynić elektrycznie obojętnym.

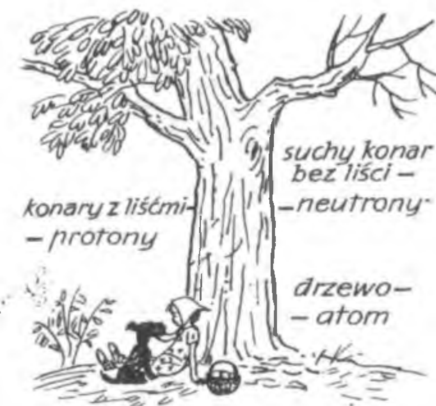
Panie Profesorze — zapytał Wojtuś. — Czy znalazł się jakiś uczony, który w jakiś sposób zważył lub obliczył masę tej najlżejszej „części" składowej atomu — elektronu?

Naturalnie, Wojtusiu. Jest to jednak tak zawrotnie mała część jednego grama, że trudno ją sobie wyobrazić. Jeden elektron waży zaledwie około

$$\frac{8}{10000000000000000000000000000} \text{ grama.}$$

Wróćmy jednak do naszego atomu. Wiecie już dużo o protonach i elektronach. Musicie jednak wiedzieć jeszcze, aby uzupełnić Wam obraz atomu, że prócz protonów w jądrze znajdują się często — zależnie od rodzaju pierwiastka — również i inne „składniki".

„Składnikami" tymi są tzw. **neutrony**. Neutrony mają taką masę jak protony, wpływają więc one na całkowitą masę (a więc i ciężar) jądra, a co za tym idzie — atomu i pierwiastka, a także na jego właściwości. Neutrony są, jak nazwa ich wskazuje, neutralne. Nie mają one żadnego ładunku elektrycznego, tworzą jakby „wypełnienie jądra, nie mają więc odpowiedników w elektronach, które musiałyby ten ładunek równoważyć.



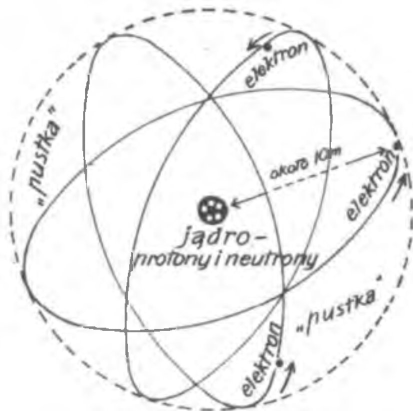
Podobnie i niektóre drzewa mają obok konarów z liśćmi (protony z elektronami) również i konary bez liści (neutrony bez elektronów).

Dla zobrazowania Wam wielkości jądra w stosunku do atomu posłużę się znów analogią. Gdybyśmy w przybliżeniu przyjęli, że atom ma postać kuli o średnicy 10 metrów, to średnica jego jądra, przedstawionego również jako kulka, wynosiłaby zaledwie 1 milimetr. Gdyby zaś przyjąć wielkość jądra w postaci wielkości jabłka, a nie jednego milimetra, to elektron miałby wówczas średnicę zaledwie małej główki szpilki, przy czym znajdować by się musiał w odległości — aż paruset kilometrów od niego (!).

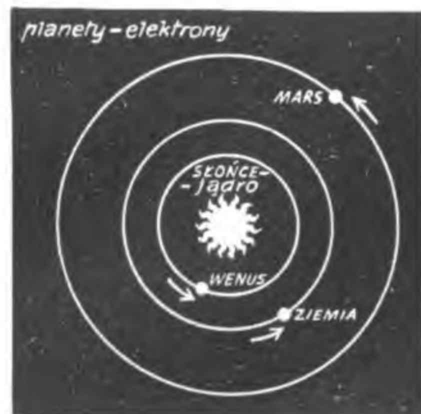
Jak widzimy, w atomie, mimo że sam jest niewyobrażalnie mały, jądro, a tym bardziej elektrony, są jeszcze wielokrotnie mniejsze, a cała przestrzeń atomu stanowi właś-

ciwie „pustkę", w której znajdują się super-pyłki: jądro i elektrony.

Humorystycznie można by powiedzieć, że wszystka materia we wszechświecie, a zatem — i my sami — zbudowani jesteśmy z „pustki", z próżni „zaśmieconej" jakby tymi „superpyłkami".



Panie Profesorze — wtrącił Wojtuś — jak to się dzieje, że ujemne, lekkie elektrony utrzymują się w pewnej odległości od dodatniego, ciężkiego jądra, a nie „spadną" na niego, przyciągane dzięki np. takiemu samemu przyciąganiu, jakie istnieje na ziemi, lub dlatego, że ładunek jądra jest dodatni, a elektronów — ujemny? Przecież Pan Profesor mówił nam kiedyś, że ładunki o przeciwnych znakach, czyli tzw. „różnoimienne", przyciągają się wzajemnie.



Cieszy mnie Wojtusiu, że myślisz i potrafisz zadawać ciekawe i rzeczowe pytania — odpowiedział pan profesor. — Oczywiście, tak by było, gdyby te elektrony znajdowały się w spoczynku. Elektrony jednak w szalonym tempie krążą, wirują naokoło jądra; każdy elektron po swoim torze. Można by więc powiedzieć, że jądro ma budowę planetarną, podobną do naszego układu słonecznego. W środku takiego układu planetarnego (atomu) znajduje się słońce (jądro), a wokół niego krążą po swoich orbitach planety: Ziemia, Mars, Wenus oraz inne (elektrony).



Wiemy, że planety nie spadają na słońce dzięki dużej prędkości biegu po swoich drogach, zwanych orbitami, przez co wytwarza się tzw. „siła odśrodkowa", która przeciwdziała tzw. „sile przyciągania" równoważąc ją, w wyniku czego planety te utrzymują się na swoich orbitach.

Dla przykładu, weź Wojtusiu jakieś naczynie, nalej do niego wody, umocuj i zawieś je na jednym końcu sznurka, a drugim końcem, trzymając go w ręce, rozbujaj naczynie w płaszczyźnie pionowej.

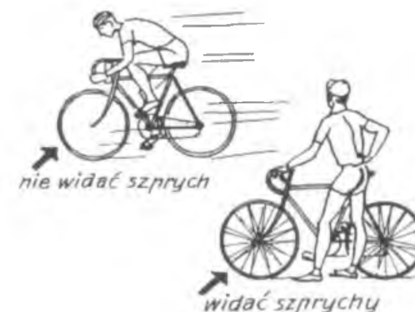
Przy małej ilości obrotów, w momentach gdy naczynie znajduje się w najwyższym miejscu pionu, siła odśrodkowa, działająca na zewnątrz płaszczyzny koła i naprężająca sznurek, jest mniejsza od siły przyciągania ziemi, powoduje opadanie naczynia i wylewanie się wody.

Przy odpowiednio dużej ilości obrotów naczynia, gdy prędkość jego po drodze (orbicie) koła jest wystarczająco duża, sznurek jest naprężony, siła przyciągania zostaje zrównoważona siłą odśrodkową. W pozycji pionowej naczynie nie opada i woda się nie wylewa, gdyż jest jakby „przyciskana" do dna naczynia.



Tak dzieje się i z elektronami w atomach. Okrążają one jądro z olbrzymią prędkością, która wzdłuż toru, po orbicie wynosi aż około 10 000 km/sek (!). Możecie teraz sobie wyobrazić, jak niewyobrażalnie wielka jest ilość okrążeń elektronu naokoło jądra, jeżeli orbita, po której on „biega", jest również tak niewyobrażalnie mała. Wytworzona siła odśrodkowa utrzymuje elektrony na swoich orbitach i nie pozwala im „spaść" na jądro.

Zaobserwowaliście zapewne nie raz, że np. w kole szybko jadącego motocykla lub roweru nie widać szprych, chociaż one w rzeczywistości istnieją. „Zlewają" się ze sobą, nikną w płaszczyźnie koła.



Podobnie jest i z elektronami, które krążą po swoich orbitach naokoło jądra. One są, nie widać ich jednak i nie można ich zobaczyć zarówno ze względu na niewyobrażalne małe wymiary, jak i na to, że są one stale w szalonym biegu po swoich orbitach.

Wróćmy jednak do obserwacji naszego lasu, gdyż inaczej zbyt zagłębimy się w teorię tzw. atomistyczną.

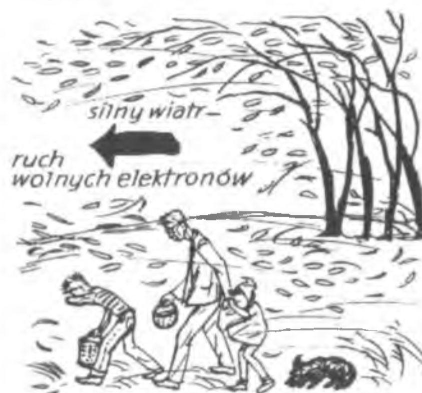
W lesie, na ziemi między drzewami, znajduje się wiele opadłych liści.

Podobnie i w pewnych cząsteczkach metalu (materii), między poszczególnymi atomami, znajdują się

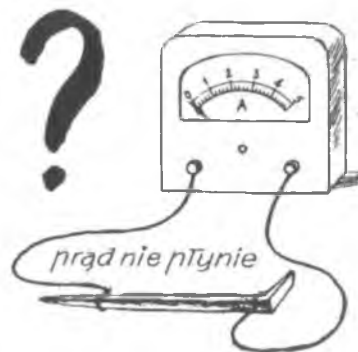
wolne elektrony, nie należące do żadnego z atomów.



W czasie gdy nie ma wiatru, liście w lesie leżą spokojnie. Jeżeli jednak wiatr wieje, liście zostają uniesione z ziemi i wielka ich liczba pędzi w powietrzu między drzewami. Im silniejszy wiatr, tym większa jest liczba i prędkość liści w powietrzu.

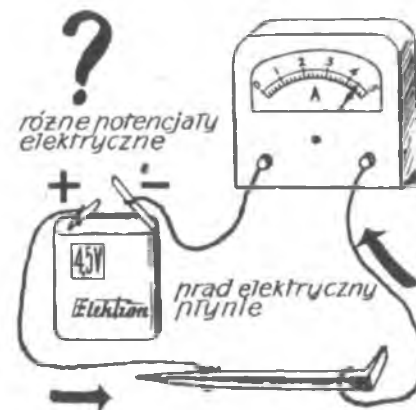


W metalach przestrzeń między poszczególnymi atomami jest jakby „zaśmiecona" tzw. wolnymi elektronami. Elektrony te pod wpływem różnych czynników zostają wytrącone ze swoich orbit, najczęściej z orbit zewnętrznych atomu, najdalej znajdujących się od jądra atomu. Nie wdając się w szczegóły można powiedzieć, że to wolne elektrony wędrują w przestrzeni międzyatomowej każdego metalu i są one „nośnikiem" prądu elektrycznego. W zagadnieniach związanych z elektrotechniką i radiotechniką są one bardzo ważnym czynnikiem. Nie można ich jednak wykryć żadnym przyrządem; ruch elektronów jest chaotyczny.



Jeżeli jednak do końców jakiegoś kawałka metalu, np. żelaznego haka, przyłączymy przewody doprowadzone do biegunów baterii elektrycznej, czyli doprowadzimy do jednego końca metalu dodatni (+) „potencjał elektryczny", a do drugiego — ujemny „potencjał elektryczny", to wszystkie wolne elektrony (o ładunku ujemnym) zaczną poruszać się w skoordynowanym ruchu i będą „pędzić" pomiędzy atomami wewnątrz metalu — w kierunku potencjału dodatniego. Taki skoordynowany ruch elektronów można już wykryć odpowiednim przyrządem.

Jak to się dzieje, że po dołączeniu biegunów baterii do końców kawałka metalu, np. haka, znajdujące się w nim wolne elektrony zaczynają „pędzić" w kierunku bieguna, a więc i potencjału dodatniego tej baterii? — wtrącił, jak zwykle ciekawy, Wojtuś. Raz one przez metal przebiegną, przejdą do baterii i co dalej? Skąd się one biorą, jeżeli przez cały czas przyłączenia baterii przepływają w metalu, w kierunku jej dodatniego bieguna?



Ale jesteś ciekawy — roześmiał się pan profesor. — Znasz to przysłowie, że i „Salomon z pustego nie naleje". Musicie wiedzieć, że w miejsce tych wolnych elektronów, które przebiegły przez metal i „wybiegły" z niego, stale dopływa do niego nowa ich „porcja" z ujemnego bieguna baterii. Można by obrazowo powiedzieć, że w metalu wolnych elektronów jest zawsze ta sama liczba, bo tyle ich wypływa, ile jest ich również dostarczanych z baterii. Elektrony te przepływają przez metal z olbrzymią prędkością, taką jak biegną fale świetlne w przestrzeni, a więc z prędkością 300 000 kilometrów na sekundę.

Wiemy więc już, że elektron jest najmniejszym ujemnym ładunkiem elektrycznym. Wielka liczba elektronów płynących przez metal w jednym kierunku tworzy **strumień elektronów**. Taki strumień elektronów płynących w jednym kierunku przez metal tworzy właśnie **prąd elektryczny**.

Im więcej ładunków elektrycznych będzie przepływać przez metal, a więc im bardziej gęsty będzie strumień elektronów, tym większe będzie tzw. **natężenie prądu** elektrycznego. Podobnie, im większa liczba liści będzie pędzić między drzewami w lesie, tym większa będzie ich gęstość w powietrzu.

Wolne elektrony, znajdujące się w materii przewodzącej prąd elektryczny, można by również przyrównać do kropel wody. Jeżeli poszczególne krople są w spoczynku, nie tworzą prądu wodnego. Wielka ich liczba, płynąca w jednym kierunku, tworzy strumień lub nawet dużą rzekę. W takim strumieniu lub w rzece krople wody płyną — jak mówimy — „z prądem". Prąd ten ma zawsze pewne tzw. „natężenie".

Nie w każdej jednak materii prąd elektryczny może przepływać; zale-



ży to od obecności wolnych elektronów i możliwości ich ruchu.

Wolne elektrony najłatwiej mogą przepływać w metalach (najlepiej w srebrze, miedzi itp.), lecz mogą również przepływać i w węglu takim, jaki np. używa się do wyrobu elektrod lamp łukowych, „szczotek" do maszyn elektrycznych i innych, oraz w różnych cieczach i gazach. W tych ostatnich dobry przepływ elektronów uzależniony jest od wielu różnych czynników (gęstości, ciśnienia, temperatury).

Możemy zatem powiedzieć, że wymienione ciała stałe, ciecze i gazy mają dla przepływu wolnych elektronów, a zatem i — prądu elektrycznego, większą lub mniejszą **przewodność elektryczną**, a więc stawiają przepływającemu prądowi mniejszy lub większy opór. Będziemy o tym jeszcze mówić.

Zapamiętajcie sobie, że wszystkie ciała w przyrodzie przewodzące prąd elektryczny nazywamy **przewodnikami**.

Jak powiedziałem, w cieczach prąd elektryczny nie zawsze może płynąć. W wodzie destylowanej np. prąd elektryczny nie płynie. W różnych



ciałach stałych prąd elektryczny także może nie przepływać. Do takich ciał, w których prąd elektryczny nie przepływa, należą między innymi: szkło, porcelana, mika, ebonit, różne tworzywa sztuczne, smoły, oleje itp. W ciałach tych elektrony są tak ściśle związane w atomach, że praktycznie w przestrzeni międzyatomowej ich nie ma; nie ma wolnych elektronów, nie może być więc przepływu prądu elektrycznego. Ciała takie nazywamy **izolatorami**.

Istnieje jeszcze pewna grupa ciał, w których wyzwalanie się elektronów spod władzy jądra w atomie, a więc i powstawanie wolnych elektronów umożliwiających przepływ prądu elektrycznego następuje w wyniku np. naświetlania, zmian temperatury itp.

Do takich ciał należą przewodniki: metale — selen, tellur, krzem, tlenki niektórych metali itp.

Są jeszcze ciała, które przy połączeniu ze sobą wytwarzają na powierzchni styku tzw. „przejście" przewodzące prąd tylko w jednym kierunku, natomiast w drugim stawiające dla przepływu prądu bardzo dużą oporność. Ciała te nazywamy **półprzewodnikami**. Zapamiętajmy sobie tę nazwę, gdyż ciała te w radiotechnice i różnych urządzeniach elektronowych odgrywają coraz to większą rolę, zastępując lampy „radiowe" i rozmaite części składowe aparatur, przyczyniając się do olbrzymiej wytrzymałości sprzętu, jego długowieczności i miniaturyzacji.

Naturalnie, przypominam Wam, że prąd elektryczny płynie zawsze na drodze pomiędzy miejscami o różnych potencjałach elektrycznych,

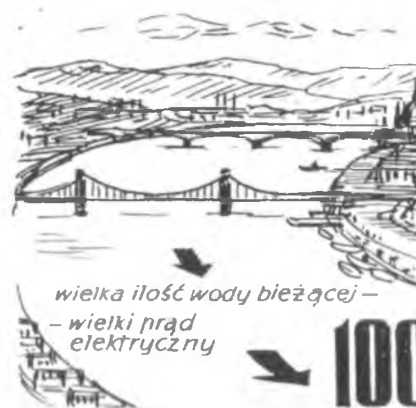
a jak to się dzieje i od czego zależy jego wartość, czyli natężenie — pomówimy za chwilę.

2. Natężenie prądu elektrycznego

Dla łatwiejszego zrozumienia zjawisk wywołanych prądem elektrycznym porównajmy go do prądu wody bieżącej.



Właściwości wody są powszechnie znane. W małych strumieniach płyną nieduże ilości wody, natomiast w rzekach — wielkie jej masy.



Przyjmijmy, że natężenie prądu wodnego małej rzeczki lub strumienia wynosi — 1.

Odpowiednio, natężenie prądu wodnego bardzo dużej rzeczki przyjmijmy, powiedzmy — 100; jest ono sto razy większe niż małej rzeczki lub strumienia.



Słaby prąd wodny może poruszać np. tylko jeden młyn. Natężenie prądu wodnego, potrzebne do poruszania jednego młyna, przyjmijmy wówczas = 1.

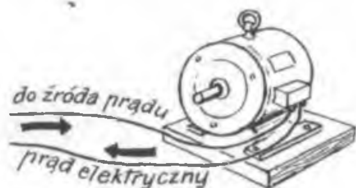


|+|+|+|=4

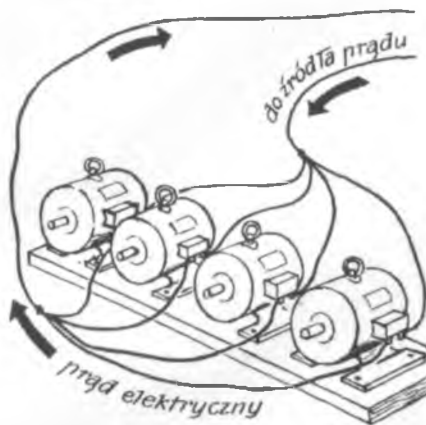
Czterokrotnie silniejszy prąd wodny będzie mógł zatem poruszyć cztery takie młyny. Natężenie prądu wodnego = 4.

W przeciwieństwie do prądu wodnego, który możemy obserwować, prąd elektryczny płynie niewidocznie po drutach.

Na podanym niżej rysunku prąd elektryczny porusza tylko jeden silnik. Natężenie prądu elektrycznego przyjmijmy wówczas = 1.



Wreszcie prąd elektryczny zasila cztery takie silniki, zatem i natężenie prądu płynącego w głównym przewodzie wynosi wówczas 4 razy tyle, co w pierwszym przypadku, a więc = 4.



Do określenia najmniejszej ilości wody służy jednostka — litr. Można powiedzieć, że ilość przepływającej wody wynosi tyle, a tyle litrów wody w jednej sekundzie. Są jeszcze i inne określenia ilości przepływającej wody, np. metr sześcienny na godzinę, tona na godzinę itp.

Praktyczną jednostką do określania przepływającego prądu elektrycznego jest tzw. **amper**. Nazwa ta pochodzi od nazwiska sławnego uczonego, który go określił.

Możemy zatem powiedzieć, że „ilość" czyli **natężenie prądu elektrycznego, mierzy się w jednostkach amperach**, który oznaczamy literą — A, a we wzorach piszemy — literą *I*.



W praktyce często jednak mamy do czynienia z natężeniami prądu wielokrotnie mniejszymi od jednego ampera. W różnych obwodach elektrycznych, np. odbiorników radiowych, natężenia prądu wynoszą zaledwie tysięczne, a nawet milionowe części ampera. Dlatego też, dla łatwiejszego posługiwania się w praktyce, przyjęto mniejsze jednostki:

$$1\ \text{mA (miliamper)} = \frac{1}{1000}\ \text{A (ampera)}$$

oraz

$$1\ \mu\text{A (mikroamper)} = \frac{1}{1000000}\ \text{A (ampera)}.$$

Panie Profesorze — przerwała cicho do tej pory siedząca Kasia — czy należy rozumieć, że amper określa natężenie prądu spowodowane jakąś wielką liczbą elektronów przepływających w ciągu 1 sekundy?

Kochana Kasiu. Jestem zdumiony twoim rozumowaniem tym bardziej, że jesteś najmłodsza z całej grupy. Tak jest. Właśnie amper jest jednostką natężenia prądu płynącego przez ciało, prądu wytworzonego przez olbrzymią i obliczoną (bo nie można ich zobaczyć) liczbę elektronów płynących w ciągu jednej sekundy — odpowiedział pan profesor.

No dobrze — wtrącił Wojtuś — a kiedy wiemy, że w jakimś obwodzie płynie właśnie prąd o natężeniu np. jednego ampera oraz jak „taki amper" skojarzyć z odpowiednią liczbą elektronów?

— Mój drogi. Widzę, że nie będę miał z Wami łatwego zadania, zbyt jesteście dociekliwi. Dobrze, postaram się wytłumaczyć Wam to w skrócie.

Do stwierdzenia, że w jakimś obwodzie płynie prąd elektryczny, służą odpowiednie przyrządy pomiarowe. Często również można stwierdzić to i bez przyrządów. Widzicie np. że żarówka się świeci, grzejnik lub kuchenka elektryczna się grzeje, silnik lub wiatraczek się obraca, winda jest w ruchu itp., a zatem prąd elektryczny w obwodzie tych przyrządów i urządzeń płynie w danej chwili.

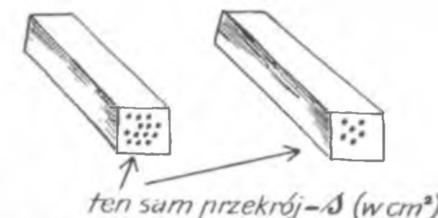
Do dokładnego pomiaru natężenia prądu elektrycznego służą przyrządy zwane **amperomierzami** (lub miliamperomierzami). O przyrządach tych będziemy jeszcze mówić.

Jeżeli chodzi o przedstawienie ilości przepływającego prądu w postaci elektronów, to mogę Wam powiedzieć, że natężenie prądu wynoszące 1 amper odpowiada przepływowi olbrzymiej ilości elektronów w ciągu 1 sekundy, bo aż 6 000 000 000 000 000 000, czyli 6 trylionów.

Musicie wiedzieć również, że nie jest obojętne, przez jak duży przekrój przewodnika, np. drutu, płynie prąd elektryczny o takim lub innym natężeniu. Przepływ prądu powoduje podwyższenie się temperatury przewodnika i wydzielanie się ciepła i to tym intensywniej, im natężenie przepływającego prądu jest większe, czyli im ilość elektronów przepływających w strumieniu elektronowym jest większa.

Istnieje ścisła zależność między dopuszczalną **gęstością** prądu dla danego przewodnika (np. miedzianego drutu), jego przekrojem (w mm^2) oraz dopuszczalnym natężeniem prądu.

różna liczba elektronów — — różna gęstość prądu —



$$J = j \cdot s\ (\text{amp})$$

Jeżeli oznaczymy: gęstość prądu — j w $\frac{A}{mm^2}$, przekrój przewodnika — s w mm^2, natężenie prądu —

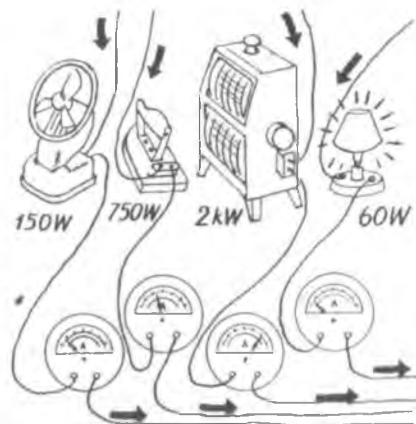
I w A, to wówczas możemy napisać zależność:

$$j = \frac{I}{s} \quad \frac{A}{mm^2}$$

Gęstość prądu zwykle dobieramy w zależności od rodzaju materiału przewodzącego prąd oraz urządzenia, w którym ten prąd przepływa (np. dla drutu miedzianego w różnych cewkach itp. przyjmuje się gęstość prądu $j = 2 \div 3 \ \frac{A}{cm^2}$). Znając również natężenie prądu, jakie musi przepływać przez takie lub inne urządzenie, możemy wyliczyć potrzebny przekrój w mm^2, a z niego np. potrzebną średnicę drutu.

Dobór odpowiedniej gęstości prądu w amperach na mm^2 chroni grzałki lub włókna w jednych urządzeniach przed zbytnim grzaniem się, a w innych, jak w różnego rodzaju grzejnikach (kuchenkach, piecykach itp. oraz żarówkach), przed stopieniem się.

Jednym ze źródeł prądu elektrycznego może być jakakolwiek bateria lub akumulator elektryczny.



Od „wielkości" baterii i akumulatora zależy wielkość natężenia prądu, jaki można z nich pobierać.

Różne „wielkości" prądu przepływają przez rozmaite przyrządy elektryczne.

Nie przez wszystkie jednak żarówki, silniki czy lampy elektronowe przepływa prąd elektryczny o jednakowym natężeniu. Na przykład przez radiową lampę elektronową 1T4T przepływa prąd żarzenia wynoszący 0,025 A, a przez lampę 3S4T — 0,050 A.

Wartość natężenia prądu przepływającego i żarzącego włókno lampy radiowej jest zawsze wymieniona w tablicach lamp radiowych (w rubryce „Prąd żarzenia"). W odbiorniku np. typu „Szarotka" z lampami 1R5T, 1T4T, 1S5T, 3S4T całkowity prąd żarzenia wszystkich lamp wyniesie: 0,025 + 0,025 + 0,025 + + 0,050 = 0,125 A, czyli 125 mA. Prąd ten, pobrany z baterii żarzenia lub akumulatora, płynie przez „sznury bateryjne" do odbiornika.

3. Napięcie elektryczne i SEM

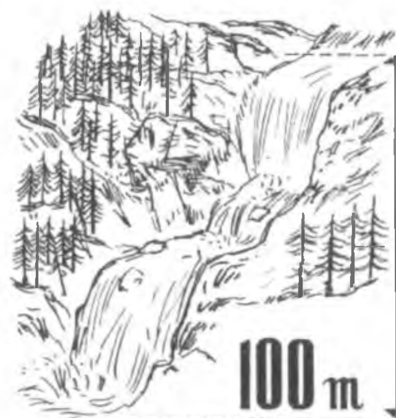
Drugą z kolei wielkością elektryczną, która ściśle wiąże się z natężeniem prądu, jest **napięcie.** W celu łatwiejszego zrozumienia, czym jest napięcie, można porównać je do różnicy poziomów przy **spadku wody** (podobnie jak przy określaniu natężenia prądu elektrycznego — z siłą prądu płynącej wody).

Można przyjąć, że przy małej różnicy poziomów płynącej wody spadek = 1.

Przy wielkiej różnicy poziomów wody spadek jest odpowiednio wielki i wynosi, powiedzmy — 100.

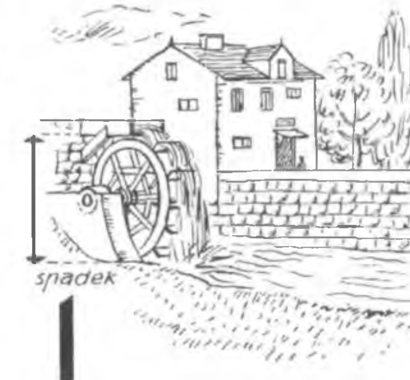


Spadająca z niedużej wysokości woda może uruchomić tylko jeden młyn. Spadek wody stanowiący różnicę poziomów przyjmijmy wówczas = 1.

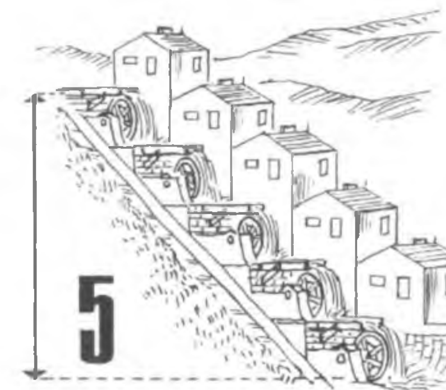


Pięciokrotnie większy spadek wody będzie mógł uruchomić pięć takich młynów przy tej samej ilości wody i przy tym samym natężeniu prądu wodnego, jaki obraca jeden młyn. Spadek = 5.

Podobne zjawiska występują przy napięciu elektrycznym, należy tylko termin „spadek wody" zastąpić terminem **napięcie elektryczne,** aby zrozumieć, jakie ma ono znaczenie w następnych przykładach.



Tutaj świeci tylko jedna żaróweczka. Napięcie przyjmijmy np. = 2.



Dalej świecą dwie takie same żaróweczki, połączone szeregowo ze sobą. Napięcie wówczas jest = 4.

Jeżeli świeci pięć takich samych żaróweczek, połączonych tak samo ze sobą, napięcie = 10.

W omówionych przykładach, przy połączeniu żaróweczek **szeregowo** ze sobą, **natężenie prądu elektrycznego** przepływającego przez żaróweczki **jest jednakowe,** jedynie ogólne napięcia są różne.



W radiowych odbiornikach bateryjnych lampy elektronowe wymagające napięcia 4 V muszą być żarzone prądem z akumulatora ołowiowego, składającego się z dwóch ogniw połączonych szeregowo ze sobą, natomiast lampy dostosowane do napięcia 2 V muszą być żarzone z jednego ogniwa akumulatora, lampy zaś 1,4 V najczęściej żarzy się z jednego ogniwa baterii tzw. „suchej".

W nowej nomenklaturze (na początku symbolu) oznaczamy lampy żarzone prądem o napięciu np.:

1,4 V — literą D lub cyfrą 1,
2 V — literą K lub cyfrą 2,
4 V — A lub inaczej, zależnie od wytwórni,
6,3 V — E, cyfrą 7, 8 lub inaczej.

Wartość napięcia elektrycznego, potrzebnego do żarzenia włókna lamp elektronowych, jest zawsze podana w „tablicach lamp" w rubryce „Napięcie żarzenia".

Panie Profesorze — wtrącił Wojtuś. — Pan Profesor mówił nam, że źródło prądu elektrycznego ma pewne napięcie i to napięcie, należałoby przypuszczać, jest stale pod względem swojej wartości.

Czemu więc należy przypisać fakt, który zaobserwowaliśmy z kolegą przyłączając do bateryjki elektrycznej woltomierz, że jeżeli do tej bateryjki nic nie było przyłączone, wykazywał on 4,5 V, a jak przyłączyliśmy dość dużą żaróweczkę na to samo napięcie, to wykazywane przez woltomierz napięcie spadło do około 4,3 V?

— Dobrze, że zauważyłeś to Wojtusiu. Widzisz — we wszystkich źródłach napięcia, a więc czy to w bateryjkach elektrycznych, akumulatorach, prądnicach elektrycznych, czy też w różnych obwodach elektrycznych, w jakich wzbudzają się prądy pod wpływem indukcji (o której będziemy jeszcze mówić), w stanie **nieobciążonym**, a więc wtedy, gdy nic do nich nie jest przyłączone, występuje na ich końcówkach większa różnica potencjałów niż wówczas, gdy są one przyłączone do jakiegoś obwodu pobierającego z nich prąd.

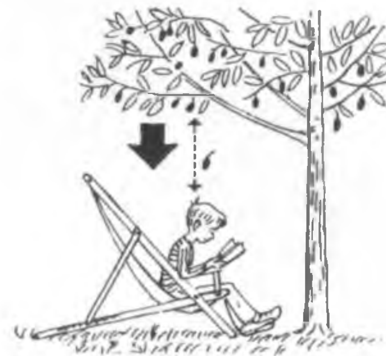


Takie **„napięcie"**, jakie daje źródło prądu elektrycznego **w stanie nieobciążonym**, nazywamy **siłą elektromotoryczną** i oznaczamy w skrócie w piśmie i mowie — **SEM**, a we wzorach — literą *E*, w odróżnieniu od napięcia *U*, jakie panuje na końcówkach tego źródła, gdy przyłączony jest do niego jakiś odbiornik prądu. Odbiorniki te pobierając prąd o pewnym natężeniu powodują spadek napięcia na oporności źródła prądu (każde źródło prądu ma swoją oporność własną), który odejmuje się od SEM źródła, przez co ustala podczas pracy nieco mniejsze niż SEM napięcie *U*.

Zapamiętajcie to sobie.

4. Zależność między napięciem i prądem elektrycznym

Między wartościami napięcia elektrycznego i natężenia prądu stałego istnieje ścisła zależność. Od wartości prądu i napięcia zależy tzw. **moc elektryczna**, co wyjaśniają niżej podane przykłady.



Z małej wysokości spada wiśnia.

Mały, lekki przedmiot — mały prąd.

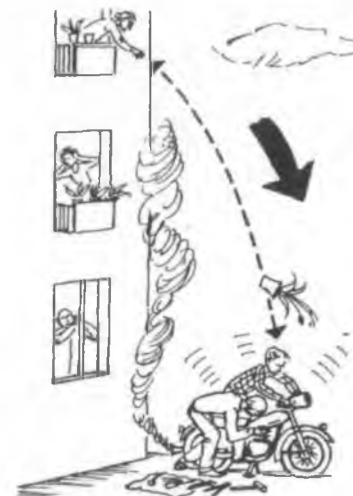
Mała wysokość — małe napięcie.

Mała siła uderzenia — mała moc elektryczna.

Wielkość (ciężar) spadającego przedmiotu w tym przypadku odpowiada natężeniu prądu elektrycznego.

Wysokość spadku odpowiada napięciu.

Iloczyn obu wielkości odpowiada mocy prądu elektrycznego (stałego).



Z dużej wysokości spada mała doniczka z kwiatkiem.

Nieduży ciężar — mały prąd.

Duża wysokość — duże napięcie.

Duża siła uderzenia — duża moc elektryczna.

Przy równoczesnym zwiększaniu napięcia i prądu elektrycznego wzrasta również moc elektryczna.

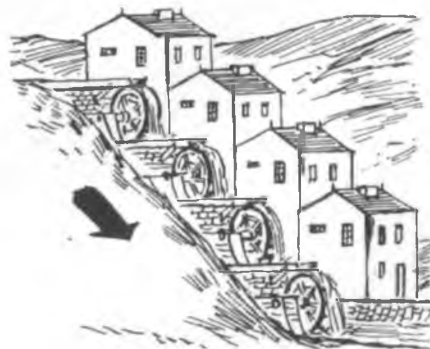


Analogiczne zjawisko można obserwować przy lawinach; wielki spadek odpowiada wielkiemu napięciu, a wielkie masy śniegu — wielkiemu prądowi.

Wielka siła, niszcząca nie tylko pojedyncze domy, lecz i całe wsie górskie, odpowiada wielkiej mocy elektrycznej.

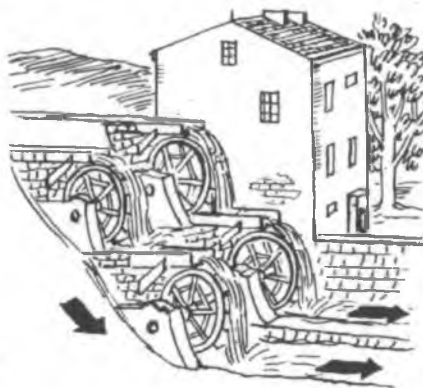
Już była mowa o tym, że przy pewnej „sile" prądu wody można poruszyć jeden młyn, a np. przy czterokrotnie większym — cztery młyny itd., pomimo małego spadku (napięcia) wody.

W poprzednich przykładach już Wam wyjaśniłem, że przy dużym spadku wody (duża różnica poziomów gruntu) można poruszyć kilka młynów, przy mniejszym — odpowiednio mniejszą ich liczbę.



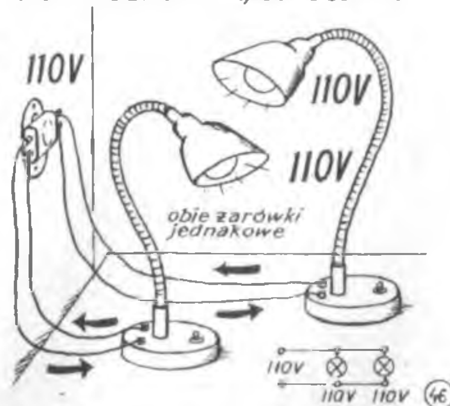
W pokazanym dalej przypadku prąd wody (odpowiadający natężeniu prądu elektrycznego) jest mały, lecz za to spadek wody (różnica poziomów gruntu) — odpowiadający napięciu elektrycznemu — jest bardzo duży.

Można by również te cztery młyny poruszać przy dwukrotnie większym prądzie wody i zmniejszonej do połowy wysokości spadku. Zainstalowanie młynów byłoby wówczas nieco inne, lecz wynik byłby ten sam (wynika to z iloczynu).

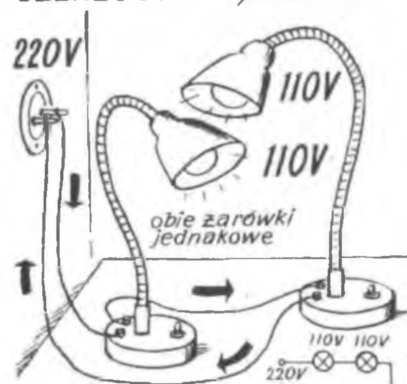


Na zamieszczonym rysunku napięcie sieci oświetleniowej wynosi np. 110 V i zasila dwie jednakowe żarówki (włączone są one **równolegle** do przewodów sieci). Przez każdą z nich przepływa prąd o wartości 1 A. W sumie prąd obu żarówek wynosi 2 A. Iloczyn wartości napięcia i natężenia prądu określa moc pobraną z sieci przez żarówki.

110 V × 2 A = 220 W (watów).



A teraz sieć oświetleniowa ma napięcie 220 V. Te same żarówki musimy przeto połączyć jedna z drugą **w szereg**, a nie jak poprzednio równolegle, aby suma napięć na nich równała się napięciu sieci (110 V + 110 V = 220 V).



Prąd płynący przez obie żarówki wynosi wówczas tylko 1 A. Iloczyn wartości napięcia i natężenia prądu płynącego w obwodzie da nam również moc pobieraną przez te żarówki:

$$U \times I = 220\ \mathrm{V} \times 1\ \mathrm{A} = 220\ \mathrm{W}\ \text{(watów)}.$$

Sumując te przykłady, można powiedzieć, że uzyskanie dużej wartości mocy elektrycznej wymaga dużego natężenia prądu przy dużym napięciu.

Można również uzyskać dużą moc elektryczną przy odpowiednio dużym napięciu, a małym natężeniu prądu, bądź odwrotnie.

Moc elektryczna prądu stałego zależy od iloczynu napięcia i natężenia prądu. Moc tę wyrażamy w jednostkach **watach** i oznaczamy je symbolem — W, a w piśmie literą — *P*.

Zatem: V × A = W (wat).

Większymi praktycznymi jednostkami mocy elektrycznej, ustalonymi dla łatwiejszego porozumiewania się i obliczeń, są:

1 kW (kilowat), który równa się 1000 W (watów),

1 MW (megawat), który równa się 1 000 000 W (watów). Warto wiedzieć, że w ten sposób obliczona moc elektryczna i wyrażona w watach (kW lub MW) odnosi się do **prądu stałego.** Przy prądzie zmiennym, o którym będziemy po tym mówić, tak obliczoną moc elektryczną w watach stosuje się tylko w przypadku różnych grzejników elektrycznych (kuchenki, piecyki, grzałki itp.) oraz żarówek.



Obliczając w taki sam sposób moc elektryczną, np. pobieraną z sieci przez silnik, wyrazimy ją nie w watach, lecz w **woltoamperach** oznaczanych literami — VA. Aby znaleźć moc elektryczną wyrażoną w watach, a nie w woltoamperach — należy obliczoną moc w woltoamperach pomnożyć przez pewien współczynnik, nazywany **kosinusem fi**, a oznaczanym w piśmie — cos φ, który jest mniejszy od jed-

ności i wynosi około 0,8 (zależnie od urządzenia).

5. Wat, kilowat, kilowatogodzina — energia elektryczna

Panie Profesorze — zapytał Wojtuś — a co to są te „kilowaty", za które co miesiąc przychodzi z elektrowni rachunek i za które Tatuś płaci? Może by dobrze było, ażebyśmy coś nie coś o tym wiedzieli?

Naturalnie — roześmiał się pan profesor — zaraz będziemy o tym mówić. Bądźcie cierpliwi.

Każdy przyrząd lub maszyna elektryczna (dzwonek, żarówka oświetleniowa, silnik itp.) podczas pracy pobiera z sieci oświetleniowej w jednostce czasu (np. w ciągu 1 sekundy) określoną ilość energii elektrycznej, którą mierzymy w watach. Do pomiaru mocy elektrycznej stosuje się specjalne przyrządy, nazywane w elektrotechnice **watomierzami**. Moc jakiegokolwiek odbiornika energii, jak np. żarówki, silnika itp. można określić również i bez pomocy watomierza, gdy jest znane napięcie sieci i natężenie prądu stałego przepływającego przez włączony odbiornik.

Podobnie, gdy jest znana moc pobierana z sieci prądu stałego i jej napięcie, można określić natężenie prądu pobieranego.

Rozpatrzmy kilka przykładów.

Żarówkę oświetleniową na 60 W włączamy do sieci oświetleniowej o napięciu 110 V. Jaki wtedy prąd przepływa przez żarówkę?

Ponieważ iloczyn napięcia w woltach i prądu w amperach równa się mocy w watach (dla prądu „stałego"), przeto odwrotnie — dzieląc ilość watów przez ilość woltów (napięcie sieci), otrzymamy natężenie prądu przepływającego przez żarówkę.

$$\frac{P}{U} = I; \qquad I = \frac{60\ \text{W}}{110\ \text{V}} = \text{około } 0{,}55\ \text{A.}$$



Widzimy zatem, że żarówka o mocy 60 W, włączona do sieci elektrycznej prądu stałego o napięciu 110 V, pobiera z niej prąd o natężeniu około 0,55 A.



W żyrandolu świecą 4 żarówki po 100 W każda, w lampie biurkowej jedna na 60 W oraz włączony jest grzejnik o mocy 1000 W.

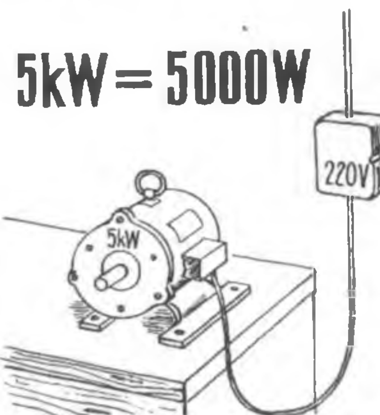
Moc wszystkich odbiorników energii wynosi razem:

$$4 \times 100\ \text{W} + 60\ \text{W} + 1000\ \text{W} = 1460\ \text{W}.$$

Ponieważ sieć w tym przypadku ma napięcie 220 V, przeto przez główne przewody oświetleniowe płynie prąd elektryczny równy:

$$I = \frac{1440\ \text{W}}{220\ \text{V}} = \text{około } 6{,}55\ \text{A.}$$

Duży silnik elektryczny może pobierać w jednostce czasu z sieci 5000 W, czyli — jak mówimy — 5 kilowatów lub nawet więcej.



Aby określić **ilość zużytej energii elektrycznej** przez jakikolwiek odbiornik elektryczny, należy jeszcze uwzględnić **czas**, w ciągu którego energia ta jest pobierana.

Oto przykład.

Żarówka oświetleniowa o mocy 100 W świeci przez 2 godziny. Zużycie energii elektrycznej lub mówiąc tak, jak to ogólnie się utarło, zużycie „prądu", wynosi wtedy:

100 watów × 2 godziny = 200 watogodzin, czyli 0,2 kilowatogodziny.



Żarówka oświetleniowa na 100 W świeci bez przerwy w ciągu 10 godzin. Ilość zużytej energii wynosi wówczas:

100 W × 10 godzin = 1000 watogodzin, czyli 1 kilowatogodzinę.

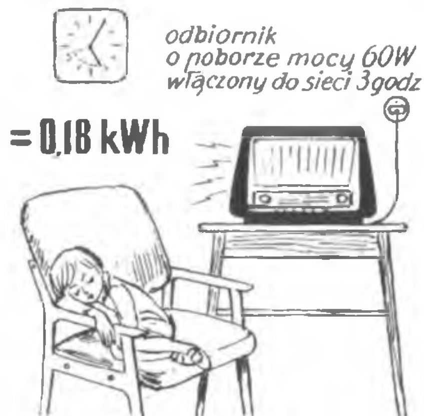




Kilowatogodzinę oznaczamy symbolem kWh, a w piśmie jako energię często literą — A.

Jak z tego widzimy, symbol na oznaczenie kilowatogodziny — kWh składa się z dwu poszczególnych symbolów, a mianowicie — kW (mocy) oraz *h* (oznaczenie godziny).

Jeżeli koszt energii elektrycznej za jedną kilowatogodzinę (1 kWh) wynosi powiedzmy 0,9 zł, to tyle też musimy zapłacić w danym przypadku elektrowni dostarczającej nam prąd elektryczny.



Odbiornik radiowy o poborze mocy 60 W (moc jest określona przez wytwórnię) włączony do sieci, pracując 3 godziny, zużyje w ciągu wymienionego czasu:

60 W × 3 godziny = 180 watogodzin, czyli 0,18 kilowatogodziny (kWh).

Przy cenie prądu np. 90 gr za jedną kilowatogodzinę koszt słuchania audycji radiowych w czasie 3 godzin wyniesie:

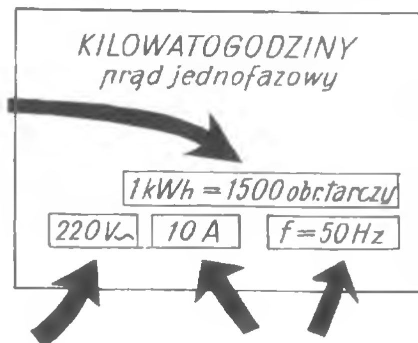
0,18 kWh × 90 gr/1 kWh = 0,162 zł, czyli około 16 gr.

W każdym mieszkaniu, gdzie istnieje oświetlenie elektryczne, znajduje się licznik, który wykazuje ilość zużytej energii w kilowatogodzinach (kWh).

Umieszczona na liczniku tabliczka znamionowa określa rodzaj prądu („zmienny" czy „stały") dostarczanego przez elektrownię oraz wysokość napięcia w sieci oświetleniowej, a poza tym ilość obrotów tarczy (zwykle 1000 do 3000), odpowiadającą zużyciu jednej kilowatogodziny energii elektrycznej.



Tarcza umieszczona jest za małym okienkiem na przodzie licznika.



Aby przekonać się, ile energii zużywa uruchomiony przyrząd elektryczny (w tym czasie muszą być wyłączone wszystkie inne przyrządy nie podlegające badaniu, jak: żarówki, żelazko elektryczne, odbiorniki radiowe itp.), należy obliczyć liczbę obrotów tarczy w ciągu np. 1 minuty.

Następnie, mając obliczoną liczbę obrotów tarczy w ciągu jednej minuty, mnożymy tę wartość przez 60, otrzymamy wtedy liczbę obrotów tarczy na godzinę.

Jeżeli np. liczba obrotów tarczy na zużycie 1 kWh energii wynosi 1500, to otrzymaną z pomnożenia wielkość należy podzielić przez podaną na liczniku liczbę obrotów tarczy na 1 kWh, czyli 1500, a uzyskamy ilość zużywanych kWh przez dany przyrząd.



Dla przykładu obliczymy, ile energii elektrycznej zużywa np. żelazko elektryczne włączone do sieci. Badamy liczbę obrotów tarczy licznika na minutę. Otrzymujemy np. 20 obr/min, czyli na godzinę: 20 × 60 = 1200 obrotów.

Ilość zużytej energii elektrycznej w ciągu godziny wynosi zatem:

$$\frac{1200 \text{ obr/godz.}}{1500 \text{ obr/kWh}} = 0{,}8 \text{ kWh/godz.}$$

6. O prądzie elektrycznym i jego działaniu

Jeżeli między dwoma miejscami, znajdującymi się nawet w dużej odległości od siebie, istnieje pewna różnica poziomów, to wówczas może powstać prąd wody. Woda płynie od miejsca o wyższym poziomie do miejsca o poziomie niższym. Warunkiem powstania prądu jest różnica poziomów.

Podobnie jest z przepływem prądu elektrycznego; następuje on wówczas, gdy w obwodzie elektrycznym istnieje różnica poziomów (potencjałów) elektrycznych. Między potencjałem wyższym i niższym następuje wyrównanie, czyli **przepływ prądu elektrycznego.**



Podczas burzy między chmurami o bardzo wysokim potencjale (rzędu milionów woltów) a ziemią o niskim potencjale następuje również często wyrównanie potencjałów w postaci piorunu.

W każdym ogniwie elektrycznym lub akumulatorze mamy także różnicę potencjałów wynoszącą około 2 V. Zgodnie z umową, prąd elektryczny płynie od potencjału wyższego (biegun „+") do potencjału niższego (biegun „—"). Przyjęty kierunek prądu oznaczony jest na rysunku strzałką.



Jasną jest rzeczą, że w gniazdku wtykowym instalacji elektrycznej (w przypadku gdy jest ona zasilana prądem stałym) mamy również bieguny „+" i „—".

Panie Profesorze — przerwał Wojtuś — zdaje mi się, że coś tu nie jest w porządku. Pan Profesor powiedział nam, że elektrony, a więc elementarne, ujemne ładunki płyną w kierunku bieguna o dodatnim potencjale („+") przyłożonego napięcia. Elektrony natomiast przy przepływie uzupełniane są z bieguna o potencjale ujemnym tego napięcia, tak jakby z „worka obfitości". Prawda? Z tego by wynikało, że tak jak strumień elektronów, tak i prąd elektryczny utworzony przez ten strumień płynie przez przewodnik od „minusa" baterii do jej „plusa", czyli od niższego potencjału do potencjału wyższego źródła prądu, a nie odwrotnie — tak jak teraz Pan Profesor nam mówi — od potencjału wyższego do niższego, czyli od „+" do „—" baterii lub akumulatora. Co jest prawdą? Czy Pan Profesor się pomylił?

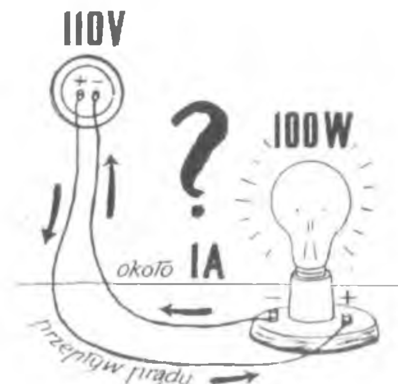
— Masz rację drogi Wojtusiu, ta sprawa jest co najmniej bezsensowna. Ja się nie pomyliłem. Ten błąd, niestety, przez wiele już dziesiątków lat popełniają ze świadomością wszyscy. A dlaczego tak jest — zaraz Wam wytłumaczę.

Ludzkość poznała i korzystała z wielu zjawisk wywoływanych elektrycznością na długo przed zrozumieniem jej istoty, budowy materii oraz przepływu elektronów. Przyjęto wówczas umownie, że prąd elektryczny płynie od znaku „+", czyli od wyższego potencjału, który wówczas utożsamiano sobie jakby z nadmiarem lub „magazynem" dostarczającym tych elektronów, do znaku „—", czyli do niższego potencjału — jakby do miejsca, w którym tych elektronów jest brak, jakby do „pustego zbiornika", gdzie są one gromadzone. To był błąd. Tak nie jest, lecz zwyczajowo tak pozostało, gdyż trudno obecnie zmienić miliony książek i wprowadzić nowe kierunki oznaczenia przepływu prądu.



Prawdą natomiast jest, że strumień elektronów, a więc i prąd elektryczny płynie w kierunku od bieguna ujemnego („—") do bieguna dodatniego („+") źródła zasilania, gdyż właśnie ten strumień elektronów tworzy prąd elektryczny. Na biegunie ujemnym źródła prądu jest nadmiar elektronów ujemnych, a na biegunie dodatnim jest ich brak (są tylko ładunki dodatnie). Elektrony, czyli ujemne ładunki, „spływając" z ujemnego bieguna źródła prądu, płyną przez dołączony do tego źródła obwód jakiegoś odbiornika, w kierunku dodatniego bieguna, „dostarczają" do niego brakujące elektrony, które uzupełniają neutralizując ładunki dodatnie.

O tym musicie zawsze pamiętać, natomiast ja niestety muszę popełniać również z pełną świadomością ten błąd, aby być w zgodzie z nauką i literaturą. Wy musicie jednak pamiętać, że swobodne elektrony płyną w przewodniku od „—" do „+", mimo że umownie przyjęto oznaczanie na rysunkach, schematach i w rozmowach, podobnie jak i ja to będę czynić, kierunku przepływu prądu — od plusa do minusa źródła dołączonego prądu stałego.



A teraz dalej porozmawiajmy na przerwany temat.

Jeżeli do przewodów instalacji elektrycznej włączy się żarówkę oświetleniową, to popłynie przez nią prąd elektryczny, który z kolei rozżarza jej włókno powodując świecenie (duża „gęstość prądu").

Przez żarówkę, np. 100 W przy napięciu sieci 110 V, płynie prąd około 1 A, gdyż:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{100\,W}{110\,V} = $$
$$= 0{,}909\ A,\ \text{czyli około}\ 1\ A.$$

Niektóre instalacje elektryczne zasilane są prądem stałym. Prąd taki można również używać do ładowania akumulatorów. W tym celu **jeden z przewodów łączących żarówkę z instalacją elektryczną należy przeciąć i w tę przerwę odpowiednio włączyć akumulator, zwracając przy tym uwagę na oznaczenia biegunów**, jak to przedstawia zamieszczony rysunek. **Prądem zmiennym nie można w ten sposób ładować akumulatora.** O akumulatorach jeszcze będziemy mówić.

7. Oporność elektryczna, oporniki i ich obciążalność

Następną z kolei wielkością elektryczną, od której zależy wartość natężenia przepływającego prądu, jest tzw. **oporność elektryczna**.

Aby łatwiej zrozumieć, jaki wpływ wywiera oporność na przepływ prądu elektrycznego, możemy dla zobrazowania rozpatrzyć zjawiska zachodzące np. w rurach sieci wodociągowej.

Z cienkiej rury woda wypływa wąskim strumieniem.

Cienka rura stanowi duży opór dla przepływu wody, dlatego też

nieduża ilość wody może przez nią przepływać.



cienka rura — — duża oporność elektr.

Zamknięty kran całkowicie powstrzymuje wypływ wody. Działanie kranu wodociągowego jest bardzo podobne do działania wyłącznika elektrycznego; włącza i wyłącza przepływ wody (prądu).



Przez rurę o dużej średnicy przepłynie znacznie więcej wody, bowiem opór rury dla przepływającego strumienia wody jest mniejszy.

Opór, jaki stawia rura dla przepływu wody, podobny jest do oporności elektrycznej, jaką stawia przewód dla przepływu prądu elektrycznego.

szeroka rura — mała oporność elektryczna



Widzimy zatem, że opór rury zależy od wielkości jej przekroju. Im większy jest jej przekrój, tym opór jest mniejszy.

Podobnie i oporność elektryczna dla przepływu prądu elektrycznego zależy od przekroju przewodnika, przez który ten prąd płynie. Oporność ta jest tym większa, im przekrój przewodnika jest mniejszy — i odwrotnie.



grubość rury

Wodę można przesłać do odległych miejsc za pomocą sieci wodociągowej.

Przewodami do przesyłania wody są rury, węże gumowe itp. Gdy zachodzi potrzeba przesłania dużej ilości wody, wówczas sieć wodociągowa musi składać się z rur o dużej średnicy poprzecznego przekroju.



Przewodami do przesyłania prądu elektrycznego są druty, kable itp. o grubości dostosowanej do natężenia prądu, który ma przez nie przepływać (uwaga: „gęstość prądu").



Po cienkich drutach może płynąć tylko prąd o małym natężeniu. Dla prądów o dużym natężeniu cienkie druty stanowią dużą oporność elektryczną, powodują duży spadek napięcia oraz wywołują silne grzanie się przewodu.

Grube druty i kable mają zastosowanie tylko w takich instalacjach elektrycznych, do których przyłączone są odbiorniki o dużej mocy, pobierające dużo prądu (silniki, duża ilość żarówek, grzejniki elektryczne itp.).

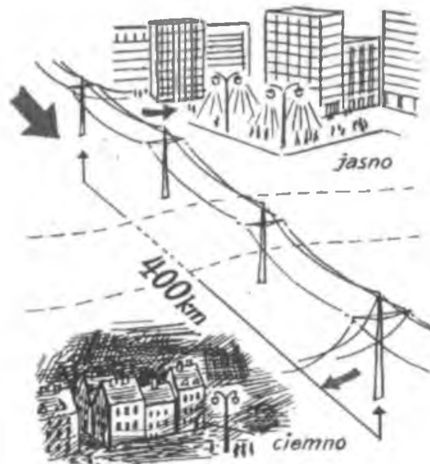
Wartość oporności elektrycznej zależy również i **od długości przewodów. Im dłuższe są przewody,** tym **oporność** elektryczna jest **większa.**

Po odkręceniu kranu umieszczonego na końcu cienkiej rury o długości np. 20 km woda wypływać będzie tylko kroplami.



Silny strumień wody otrzymać można nawet i z cienkich rur, jeżeli długość ich nie będzie zbyt duża (np. 1/2 km lub jeszcze mniej).

Żarówka elektryczna włączona do sieci elektrycznej, np. w Warszawie świeci jasno, natomiast gdybyśmy przedłużyli przewody tej sieci np. do Krakowa, żarzyć się tam będzie zaledwie czerwonym światłem.



Przewody te będą wtedy miały bardzo dużą oporność elektryczną, toteż nastąpi po drodze duży spadek napięcia, w wyniku czego na żarówce będziemy mieć o wiele mniejsze napięcie niż w Warszawie; nie wystarczy ono do normalnego świecenia żarówki elektrycznej.

Druty miedziane przewodzą prąd elektryczny lepiej niż druty żelazne lub aluminiowe, **oporność elektryczna przewodów zależy** zatem również **od materiału, z którego one są wykonane.**

Sumując więc możemy powiedzieć, że: **oporność elektryczna jest tym większa, im przewodnik jest dłuższy, im przekrój jego jest mniejszy i wykonany jest z metalu gorzej przewodzącego prąd.**

Jednostką oporności elektrycznej jest tzw. **om** (przyjęty od nazwiska sławnego fizyka Ohma), oznaczany symbolicznie grecką dużą literą „omega" — Ω. W piśmie oporność oznaczamy literą *R*.

Ze względów praktycznych stosuje się również i większe jednostki, a mianowicie:

1 kΩ (kiloom) = 1000 Ω (omów) oraz

1 MΩ (megaom) = 1 000 000 Ω (omów).



— Panie Profesorze — odezwała się Kasia. — Wobec tego chyba można obliczyć oporność elektryczną jakiegoś drutu o pewnej długości i przekroju?

— Naturalnie Kasiu. Każdy metal ma swoją przewodność elektryczną, czyli stawia taką lub inną oporność dla przepływu prądu. Srebro, miedź, aluminium, żelazo itp. każdy z nich ma inną tzw. oporność właściwą, którą oznaczamy grecką literą „ro" — ϱ. **Opornością właściwą** danego metalu **nazywamy oporność dla przepływu prądu stałego, jaką stawia 1 metr drutu o przekroju 1 mm², wykonany z takiego (lub innego) metalu,** przy temperaturze 15°÷20°C. Dla przykładu powiem Wam, że np. srebro ma oporność właściwą wynoszącą około $0{,}0161 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$; miedź około 0,0175; aluminium — około 0,0278; żelazo — około $0{,}125 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ itp.

Z tego widzimy, że najmniejszą oporność właściwą ma srebro, potem miedź itd., a więc srebro najlepiej przewodzi prąd, następnie miedź itd.

Znając oporność właściwą metalu — ϱ, długość drutu l w metrach i przekrój tego drutu — s w mm² możemy już obliczyć oporność elektryczną R w omach dla całej długości tego drutu ze wzoru wynikającego z naszego omówienia:

$$R = \varrho \cdot \frac{l}{s} \text{ — omów.}$$

Weźmy przykład: jaką oporność elektryczną dla przepływu prądu przedstawia drut miedziany

$$\left(\varrho = 0{,}0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}\right)$$

o średnicy d = 0,5 mm i długości np. l = 100 metrów.

— Panie Profesorze — znów przerwała Kasia. We wzorze przecież ma być podany przekrój drutu w mm², a nie jego średnica w mm.

— No tak, ale przekrój przewodu można łatwo obliczyć mając jego średnicę — ze wzoru na powierzchnię koła:

$$s = \frac{\pi \times d^2}{4}, \text{ gdzie: } \pi = 3{,}14, \text{ czyli:}$$

s = około $0{,}8 \times d^2$ — mm².

A więc dla naszego przykładu: $s = 0{,}8 \times 0{,}5^2$, czyli: $s = 0{,}8 \times 0{,}5 \times 0{,}5 = 0{,}2$ mm², a szukana oporność wyniesie:

$$R = 0{,}0175 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \times \frac{100\ m}{0{,}2\ mm^2} =$$

$$= 8{,}75\ \Omega \text{ (omów).}$$

Musicie wiedzieć, że wprowadzanie różnej wartości oporników w rozmaite obwody elektryczne konieczne jest często ze względu na dobór potrzebnych warunków pracy danego układu lub urządzenia (np. dobór wartości napięcia lub natężenia prądu w poszczególnych obwodach odbiornika radiowego).

Do tego celu służą tzw. **oporniki.** Mogą one być drutowe, masowe i inne, o takiej lub innej oporności, dostosowane do mniejszego lub większego natężenia prądu przez nie przepływającego. Dlatego też trzeba pamiętać, że opornik oprócz podanej oporności ma zwykle również podane **obciążenie** w watach; ułatwia to jego dopasowanie do pracy w obwodzie, w którym płynie prąd o takim lub innym natężeniu.

Zapamiętajcie to sobie, gdyż o oporności będziemy jeszcze mówić.

8. Zależność między prądem, napięciem i opornością

Z poprzednich rozważań wynika, że wartość natężenia prądu zależy od oporności pokonywanej przez przepływający prąd.

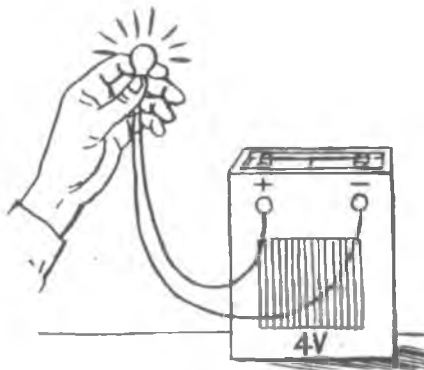


Ręka przytknięta do wylotu pompy wodnej przeciwdziała wypływaniu wody. Wskutek znacznego oporu woda wypływa cienkim strumieniem.

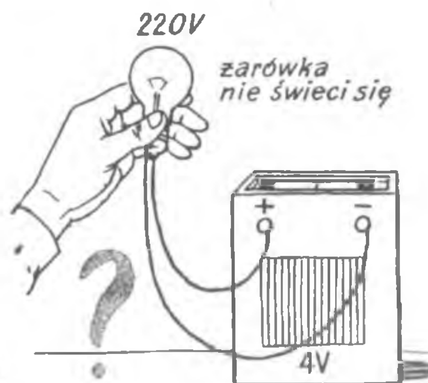
Z pompy poruszanej motorem wypływa silniejszy strumień wody.

Ręka przysunięta w pewnej odległości od otworu pompy tylko w nieznacznym stopniu powstrzymuje silny wypływ wody.

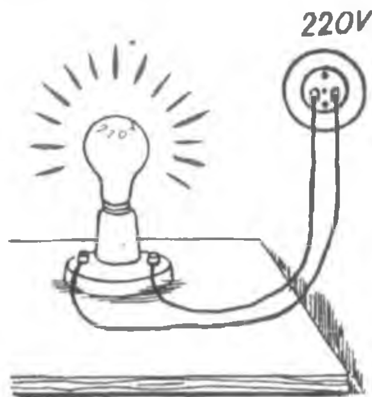
O ilości wypływającej z pompy wody decyduje ciśnienie. W elektrotechnice odpowiednikiem ciśnienia jest napięcie.



Do 4-woltowego akumulatora włączono małą żaróweczkę elektryczną przystosowaną do napięcia 4 V. Napięcie akumulatora (ciśnienie, spadek) jest wystarczające, aby przez tę żaróweczkę mógł przepływać dostatecznie duży prąd, gdyż oporność jej włókna jest niewielka. Żaróweczka świeci wówczas jasno.



Do tego samego akumulatora włączono żarówkę wykręconą z żyrandola lub lampy stołowej. Taka żarówka świecić nie będzie, włókno jej bowiem ma bardzo dużą oporność. Aby pokonać oporność tej żarówki, należy dostarczyć jej wyższego napięcia (ciśnienia). Żarówka przyłączona do ściennego gniazda sieci oświetleniowej świeci.



Sieć oświetleniowa dostarcza dużego napięcia (220 V).

Zależność między prądem, napięciem i opornością jest zasadniczym prawem elektrotechniki, opracowanym przez fizyka Ohma.

Prawo to, tzw. **prawo Ohma**, można wyrazić w następującej formie: **natężenie prądu równa się napięciu podzielonemu przez oporność.**

$$\text{ampery} = \frac{\text{wolty}}{\text{omy}}, \text{ czyli } I = \frac{U}{R}.$$

Z tej zależności możemy również określić jednostkę oporności om jako stosunek jednostki napięcia do jednostki natężenia prądu.

$$1 \text{ om} = \frac{1 \text{ wolt}}{1 \text{ amper}}, \text{ czyli } 1\ \Omega = \frac{1\text{ V}}{1\text{ A}}.$$

Wszystko to, co do obecnej chwili mówiliśmy, odnosi się do **prądu stałego**, którego symbolicznie przedstawiamy dwiema poziomymi, równoległymi kreskami, po prostu — **„znakiem równości"** =.

9. Prąd zmienny

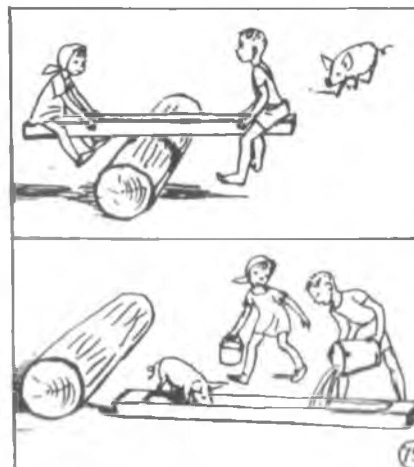
Moi drodzy, dzisiaj porozmawiamy o innym jeszcze rodzaju prądu elektrycznego.

Wiemy, że **prąd stały** płynie zawsze tylko **w jednym kierunku.**

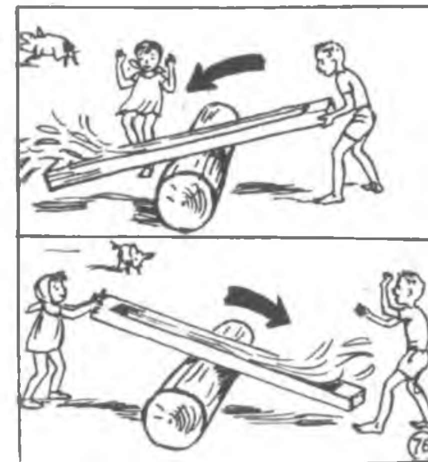
Oprócz prądu stałego istnieje jeszcze inny rodzaj prądu, tzw. **prąd zmienny.** Prąd taki dzisiaj powszechnie zasila elektryczne instalacje oświetleniowe i siłowe.

Aby można było łatwiej zrozumieć różnicę między prądem stałym a zmiennym oraz poznać pewne właściwości prądu zmiennego, posłużymy się znów przykładami.

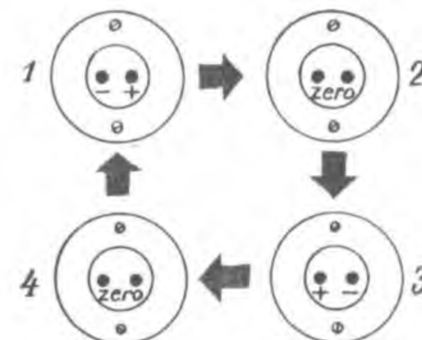
Zamieszczony niżej rysunek przedstawia najprostszą huśtawkę, wykonaną z długiego koryta ustawionego na położonym pniu drzewa. Rysunek następny przedstawia koryto napełnione przez chłopca wodą



Po ustawieniu koryta np. na pniu drzewa i rozkołysaniu woda będzie poruszać się raz w jednym, raz w drugim kierunku. Kierunek prądu wody zmienia się stale podczas kołysania korytem.



W elektrycznej sieci prądu zmiennego występuje podobne zjawisko. Bieguny prądu w takiej sieci elektrycznej, a więc i w gnieździe wtykowym instalacji, zmieniają się na przemian w czasie.



Pomiędzy każdą zmianą biegunów prądu następuje taki moment, w którym nie ma napięcia (zero).

Podobny przypadek występuje również w momencie równowagi naszego koryta, nie ma różnicy poziomów wody (nie ma napięcia: $U = 0$).

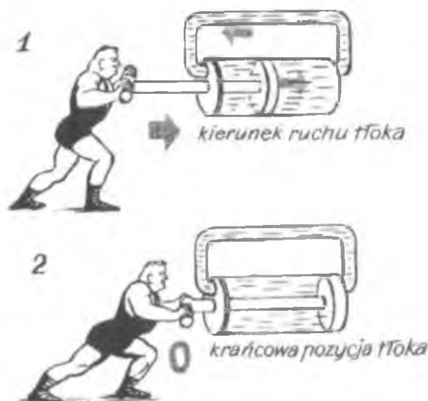
Zmieniający się stale kierunek przepływu wody możemy przedstawić również posługując się i innym przykładem.

Wyobraźcie sobie, że siłacz porusza tam i z powrotem tłokiem w cylindrze napełnionym wodą. Oba denka cylindra połączone są na zewnątrz cienką rurką.

W cienkiej rurce woda przepływa pod wpływem działania tłoka w cylindrze.

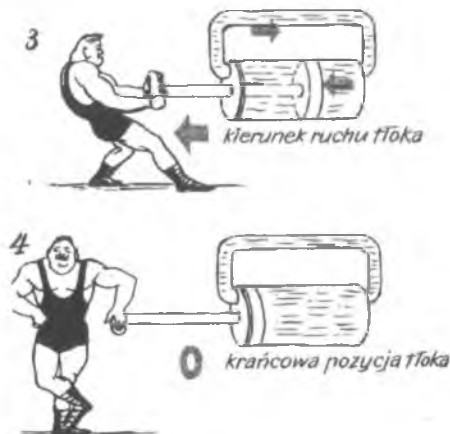
Najpierw płynie ona w rurce (pod naciskiem tłoka) w odwrotnym kierunku do ruchu wskazówek zegara.

W krańcowej pozycji tłoka woda zatrzymuje się.



Teraz tłok popycha wodę w przeciwnym kierunku. Przepływ wody w rurce odbywa się obecnie w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara, a więc — w kierunku przeciwnym do poprzedniego.

Wreszcie następuje znów zatrzymanie się wody i rozpoczyna się jej ruch w kierunku zgodnym z przypadkiem pierwszym — i tak „w kółko".



Obecnie prawie wszystkie elektrownie dostarczają prądu zmiennego. Symbol prądu zmiennego stanowi **podwójny łuk.** Taki sam znak można spotkać na każdym liczniku elektrycznym prądu zmiennego. Kształt tego znaku przedstawia graficznie przebieg napięcia prądu zmiennego (~).

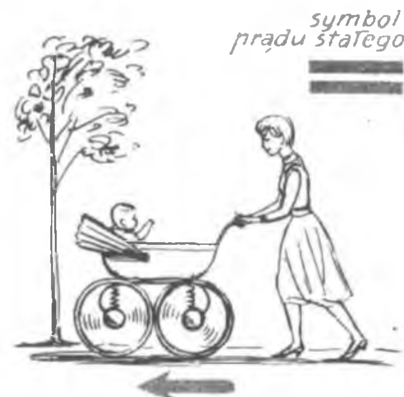
Na początku napięcie równe jest 0 potem wzrasta ono do pewnej wartości (maksimum) i znów spada do 0. Następnie zjawisko powtarza się, lecz w odwrotnym kierunku (minimum).

Krzywą falistą napięcia zmiennego nazywamy *sinusoidą*.

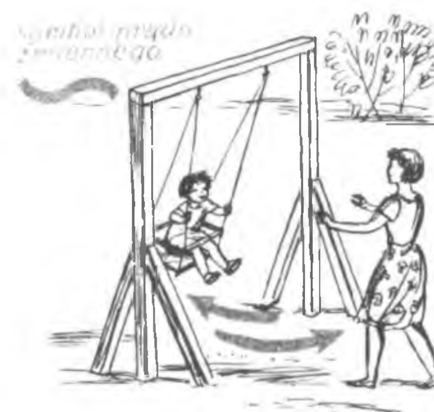
10. Okres i częstotliwość prądu zmiennego

Jak wynika z poprzednich rozważań, **prąd zmienny różni się od prądu stałego tym, że zmienia on stale kierunek przepływu.**

Posłużmy się znów analogią.

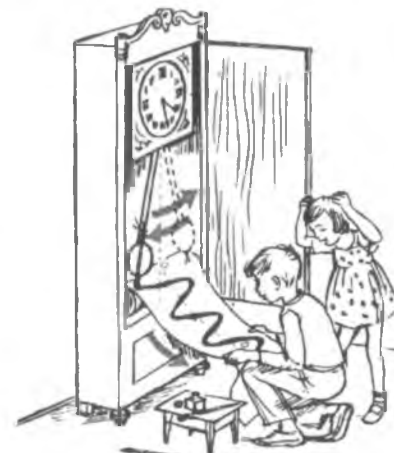


Dziecko, znajdujące się w wózku popychanym przez mamę, jedzie w jednym kierunku. Podobnie **prąd stały płynie po przewodach zawsze w jednym i tym samym kierunku.**



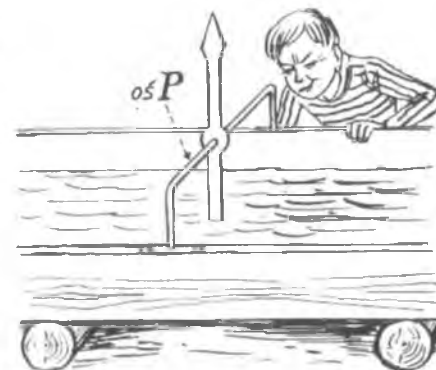
Huśtawka z dzieckiem porusza się na przemian raz w jednym, raz w drugim kierunku. **Prąd zmienny** również **płynie raz w jednym, raz w drugim kierunku.**

Wahadło również zakreśla w powietrzu linię charakteryzującą w pewnym przypadku prąd zmienny. Jak widzicie, na zamieszczonym rysunku na dolnym końcu wahadła chłopiec umocował pędzelek, który maluje na papierze przesuwanym prostopadle do płaszczyzny wahań krzywą prądu zmiennego (sinusoidę).



Następne przykłady potwierdzają to samo.

Zamieszczony dalej rysunek przedstawia koryto z wodą, w której jest zanurzona dolnym końcem wskazówka, mogąca się obracać dookoła osi *P*. Wskazówka ta na dolnym końcu ma łopatkę, która może być poruszana przez ruch wody.

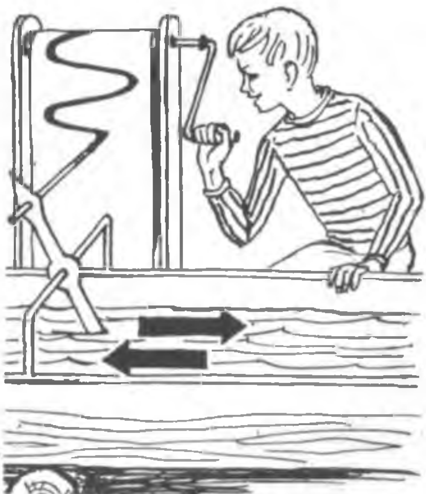


Pod korytko chłopiec podłożył dwa kloce drewna. Usuwając jeden lub drugi kloc, chłopiec powoduje ruch wody w korycie — w tę lub drugą stronę.

Jeżeli woda popłynie od strony lewej ku prawej, to górny koniec wskazówki pochyli się w lewo.

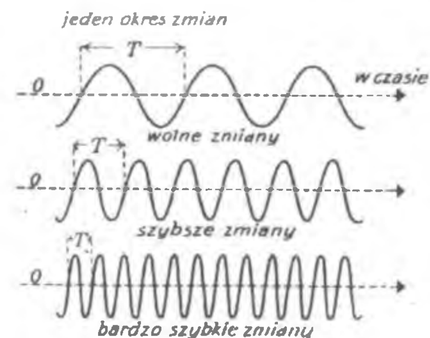
Odwrotnie, gdy woda zmieni kierunek ruchu — od prawej ku lewej, wskazówka pochyli się w prawo.

Gdy woda będzie na przemian zmieniała kierunek ruchu, to wskazówka również zacznie pochylać się na prawo i na lewo, w rytmie zmian kierunku prądu wody. Jeżeli na górnym końcu wskazówki umocuje się ołówek, to nakreśli on na przesuwającym się prostopadle do powierzchni wody papierze również falistą linię prądu zmiennego.



Im prędzej następują po sobie zmiany kierunku przepływu wody, tym mniejsze będą odstępy między każdą „górą" i „doliną", jeżeli tylko papier przesuwa się z jednakową prędkością.

Czas, po upływie którego ponownie powtarza się takie samo wychylenie (np. „góry" lub „doliny"), nazywamy **okresem** i oznaczamy dużą literą — *T*. W tym samym czasie więc występują zawsze np. jedna „góra" i jedna „dolina" i **cykl** się znów powtarza. Liczba takich cykli, występujących w ciągu jednej sekundy, czyli ilość zmian wychyleń (w obie strony) w ciągu jednej sekundy, nazywa się **częstotliwością**.



Symbolem częstotliwości jest litera — f.

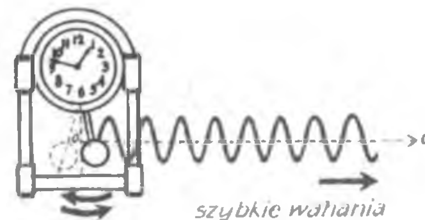
Odnosi się to i do zmiennego prądu elektrycznego.

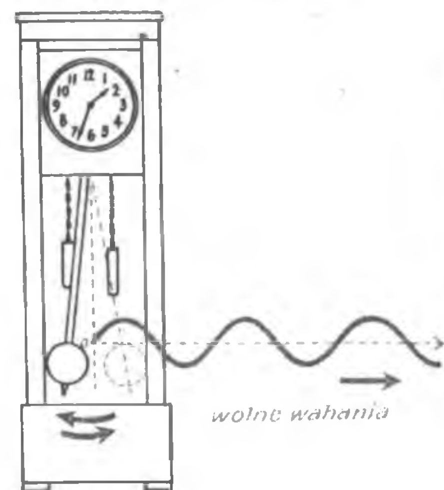
Jeszcze kilka przykładów.

Małe wahadło zegara porusza się szybciej tam i z powrotem niż duże, wykona ono zatem więcej wahnięć w określonym czasie. Małe wahadło przeto ma większą częstotliwość wahnięć niż duże.

Długi, sprężysty pręt metalowy, umocowany jednym końcem np. do deski i pociągany za wolny koniec, wykonuje mniej drgań w ciągu sekundy niż pręt krótki — w ciągu tego samego czasu.

Podobne drgania występują również i przy zmiennym prądzie elektrycznym.





Jednostką częstotliwości prądu elektrycznego jest — herc.



W piśmie częstotliwość w hercach oznaczamy skrótem — Hz. W Europie sieć energetyczna dostarcza przeważnie prądu zmiennego o częstotliwości 50 Hz, w Ameryce — 60 Hz. W radiotechnice mają zastosowanie częstotliwości od około 20 Hz do kilkunastu milionów herców.

Dla praktycznego posługiwania się większymi jednostkami niż herc — Hz przyjęto:

1 kHz (kiloherc) = 1000 hercom (Hz) oraz

1 MHz (megaherc) = 1 000 000 hercom (Hz).



Dobrze, abyście również wiedzieli, że dawniej jednostką częstotliwości były określenia: **cykl na sekundę** c/s lub **okres na sekundę — okr/sek**, dzisiaj już nie stosowane.

11. Działanie cieplne prądu elektrycznego

Na rysunku widzimy, że chłopiec bardzo szybko zsuwa się w dół po linie.

Wskutek tarcia rąk o powierzchnię liny wytwarza się ciepło, które boleśnie odczuwa chłopiec.

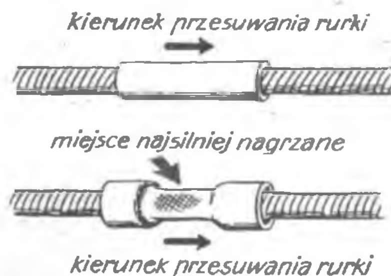
Zamieszczony dalej rysunek przedstawia linę, na którą nasunięto kawałek metalowej rurki o średnicy wewnętrznej dość ściśle dopasowanej do średnicy liny. Podczas przesuwania liny rurka rozgrzewa się.

Jeżeli rurka będzie miała kształt przedstawiony na następnym rysunku, to podczas przesuwania liny roz-

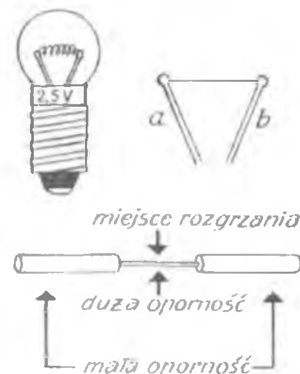
grzeje się tylko część środkowa rurki, stanowiąca właściwy opór dzięki temu, że jest dość ściśle dopasowana do liny. Końce jej mogą się rozgrzać tylko wskutek przewodzenia metalu i to po pewnym czasie, lecz nigdy tak silnie jak część środkowa.



Analogię do tego przykładu znaleźć można np. w małej żaróweczce do latarki kieszonkowej.



Bardzo cienkie włókno żaróweczki umocowane jest między dwoma grubszymi kawałkami drutu *a* i *b*. Kształt całości zbliżony jest wtedy do metalowej rurki rozszerzonej na końcach. Podczas przesuwania rurki po linie (lub odwrotnie) wywiązuje się ciepło tylko w części zwężonej, która stawia duży opór. Podobnie, gdy prąd elektryczny przepływa przez druty *a* i *b* oraz włókno, to ostatnie wskutek wydzielanego ciepła rozżarza się do białości, stanowi ono bowiem dużą oporność dla przepływającego prądu.



Drutów *a* i *b* prąd elektryczny prawie nie rozgrzewa, gdyż są grube (mają małą oporność elektryczną).

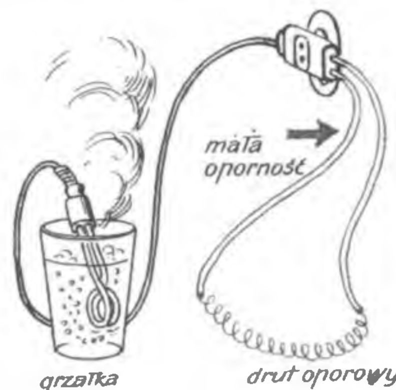
Zwężona część metalowej rurki rozgrzewa się również i wtedy, gdy lina przesuwa się na zmianę w obie strony. Jeden i ten sam kierunek przesuwania się liny można porównać z prądem stałym, płynącym stale w jednym kierunku. Zmieniające się na przemian kierunki przesuwania liny odpowiadają prądowi zmiennemu.

Zasada działania każdej żarówki oświetleniowej, poczynając od najstarszych typów węglowych, a kończąc na maleńkich kieszonkowych, jest jednakowa.

Stały lub zmienny prąd elektryczny, przepływając przez cienkie włókno żarówki, stanowiące dla niego odpowiednio dużą oporność, rozgrzewa je do tak wysokiej temperatury, że zaczyna ono świecić.

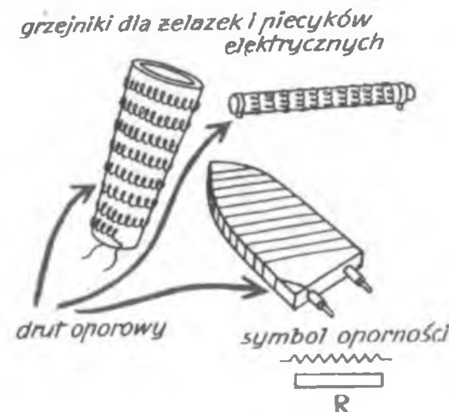
Działanie cieplne prądu elektrycznego wyzyskano w różnych przyrządach użytku domowego i przemysłowego. Elektryczne żelazko do prasowania, garnek, piecyk, poduszka, grzałka, zapalniczka itp., tak jak i żarówki oświetleniowe, mają odpowiednio wykonane druty oporowe, które pod wpływem prądu elektrycznego rozgrzewają się do potrzebnej temperatury.

Najwyższą temperaturę uzyskuje drut oporowy w miejscu, gdzie jest on najcieńszy. Na przykład w kuchence elektrycznej drut (spirala) uszkodzony, powiedzmy przez przypadkowe nacięcie, rozgrzewa się w tym miejscu tak silnie, że może nastąpić przekroczenie dopuszczalnej temperatury i drut się topi, spirala pęka, czyli — jak mówimy — „ulega przepaleniu".



Drut oporowy w grzejniku może być skręcony w spiralę, jak w piecykach elektrycznych, lub nawinięty na płytce mikowej, jak w żelazku elektrycznym itp.

Dobrze, abyście wiedzieli, że wartość mocy prądu elektrycznego (stałego lub zmiennego), pobieranej z sieci do zamiany w ciepło, zależna jest od iloczynu natężenia prądu, jaki płynie, i oporności (np. drutu) wziętej w „kwadracie", czyli przez dwukrotne pomnożenie przez oporność, na której się to ciepło wydziela.



A więc: $P_{(watów)} = I_{(amp)} \times R_{(om)} \times R_{(om)} = I_{(amp)} \times R^2_{(om)}$.

Weźmy np. piecyk elektryczny na 1100 watów, czyli 1,1 kW mocy. Włączony jest on do sieci o napięciu 220 woltów. Spirala takiego piecyka musi mieć oporność 44 omy, a prąd płynący przez nią będzie mieć natężenie 5 amperów.

Skąd Pan Profesor wie o tym? — wtrącił jak zwykle ciekawy Wojtuś.

— Bardzo prosto. Wiecie już, że moc elektryczna równa się iloczynowi napięcia przez natężenie prądu, a więc natężenie prądu równa się mocy elektrycznej podzielonej przez napięcie tego prądu:

$$I = \frac{P_{(wat)}}{U_{(wolt)}} = \frac{1100 \text{ watów}}{220 \text{ woltów}} = 5 \text{ amperów}.$$

Z kolei wartość oporności, jaka musi być włączona w obwód źródła prądu o napięciu 220 woltów, aby w spirali piecyka mógł przepływać prąd o natężeniu 5 amperów, można obliczyć z zależności wynikającej z „prawa Ohma".

$$R_{(omów)} = \frac{U_{(wolt)}}{I_{(amp)}};$$

$$R = \frac{220 \text{ woltów}}{5 \text{ amperów}} = 44 \text{ omy.}$$

A teraz możemy sprawdzić, czy rzeczywiście pobierana do zamiany na ciepło moc elektryczna ma wartość 1100 watów.

$P = I^2 \times R = I \times I \times R = 5 \cdot 5 \cdot 44 = 1100$ watów.

Jak widzicie, obliczenie jest stosunkowo proste i zgadza się z wartościami podanymi przeze mnie.

Panie Profesorze — zapytał jeszcze Wojtuś. — Wobec tego, ile będzie kosztować ogrzewanie takim grzejnikiem mieszkania w ciągu np. 5 godzin?

Mógłbyś to nawet sam obliczyć, gdybyś się trochę zastanowił — odpowiedział pan profesor.

Płaci się za energię elektryczną zużytą w pewnym czasie, w tym przypadku — w ciągu 5 godzin. Zużyta energia elektryczna wyniesie zatem: $A = P_{(kW)} \cdot h_{(godzin)}$ kilowatogodzin.

$A = 1{,}1 \text{ kW} \times 5 \text{ h} = 5{,}5 \text{ kWh}.$

Jeżeli 1 kWh energii kosztuje powiedzmy 90 groszy, czyli 0,9 złotego, wówczas koszt ogrzewania mieszkania w naszym przypadku wyniesie:

5,5 kWh × 0,9 zł/1 kWh = 4,95 zł.

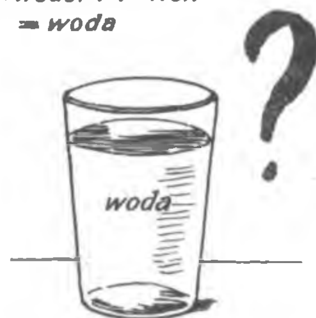
A teraz pomówimy o jeszcze innym działaniu prądu elektrycznego.

12. Działanie chemiczne prądu elektrycznego

Poza działaniem cieplnym, prąd elektryczny może wywoływać również zmiany chemiczne w budowie materii. Wyjaśni to następujący przykład.

Wielka szklanka jest napełniona wodą. Woda składa się z dwóch gazów połączonych chemicznie ze sobą: wodoru i tlenu. Wodoru jest dwa razy więcej niż tlenu.



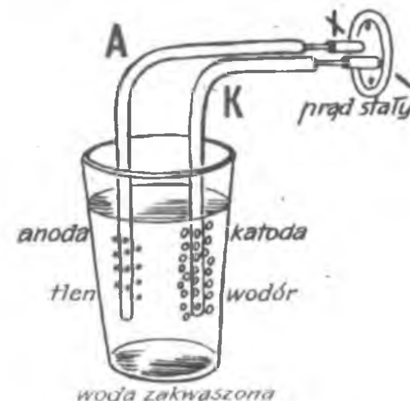


Rozdział wody na składniki można uzyskać za pomocą prądu elektrycznego. W tym celu dwa druty oznaczone odpowiednio *A* i *K* zanurzamy do szklanki z wodą. Druty te należy połączyć ze **źródłem stałego prądu elektrycznego.**

Wodę tę należy lekko zakwasić, np. octem, co ułatwi przepływ przez nią prądu elektrycznego.

Pod wpływem przepływu prądu nastąpi rozkład wody; na drucie *K* zacznie wydzielać się wodór, natomiast na drucie *A* — tlen w postaci pęcherzyków gazu. Takie działanie prądu elektrycznego nazywa się **elektrolizą.**

Drut *K*, połączony z **„minusem"** prądu stałego, nazwany został w elektrotechnice **katodą**, drut zaś *A*, połączony z **„plusem" — anodą.** Elektroliza cieczy ma szerokie zastosowanie w przemyśle metalowym (galwanoplastyka i galwanostegia).



Za pomocą elektrolizy odpowiednich cieczy można każdy przedmiot metalowy niklować, miedziować, kadmować, srebrzyć lub złocić.

Przeznaczony do pokrycia jakimś metalem inny **przedmiot metalowy** należy **zawiesić na katodzie**, a odpowiedni **kawałek metalu na anodzie.** Przedmiot i metal muszą być zanurzone w odpowiednim roztworze, najczęściej w wodnym roztworze różnych soli tego samego metalu, którym chcemy przedmiot pokryć.

W celu np. srebrzenia przedmiotu miedzianego należy do anody przymocować kawałek srebrnej blaszki; przedmiot i blaszka muszą być zanurzone w roztworze soli srebra. Odpowiednio przy miedziowaniu np. przedmiotu żelaznego, na anodzie — blaszka miedziana oraz roztwór soli miedzi itd.

Metal, podobnie jak i wodór, wydziela się z cieczy zawsze na katodzie.

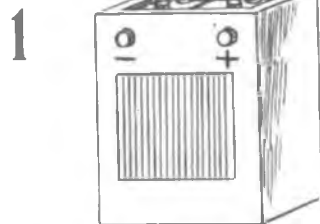
Panie Profesorze — zapytał Wojtuś — a jak to się dzieje, że metal „przechodzi" z anody na katodę, czyli z blaszki np. srebrnej na metalowy przedmiot srebrzony?



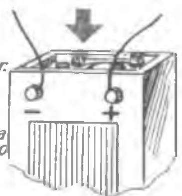
— Mój drogi chłopcze — nie będę się wdawał zbyt szczegółowo w te zagadnienia. Wystarczy, jak będziesz wiedział, że pod wpływem przepływu stałego prądu elektrycznego przez roztwór soli, w tym przypadku — srebra, czysty metal z roztworu soli przechodzi i osiada na „katodzie", czyli na przedmiocie srebrzonym, a brakujące w roztworze srebro uzupełniane jest z zawieszonej srebrnej płytki, czyli z „anody". Stały prąd elektryczny „przenosi jakby" czysty metal (srebro) z anody na katodę, czyli z blaszki srebrnej na przedmiot srebrzony.

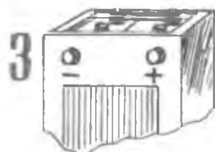
Prąd zmienny tych właściwości nie posiada, gdyż biegunowość przewodów, a więc i przedmiotów zanurzonych w roztworze, zmienia się wiele razy w ciągu sekundy (np. przy prądzie zmiennym w sieci elektroenergetycznej o częstotliwości 50 Hz zmian tych jest 100 w ciągu każdej sekundy). Nie ma więc jednego kierunku przepływu prądu przez roztwór i nie może być wy-

dzielania metalu na jednej elektrodzie-katodzie, gdyż praktycznie również jej nie ma.



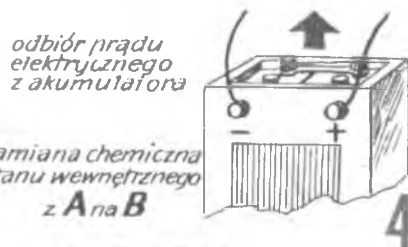
Zmiany chemiczne, podobne jak przy elektrolizie wody, występują również wewnątrz każdego akumulatora — podczas ładowania go (pod wpływem przepływu stałego prądu elektrycznego).

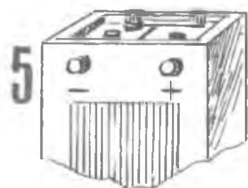




Gdy naładowany akumulator dostarcza prądu do żarówek elektrycznych lub do żarzenia lamp w odbiorniku radiowym, wówczas również powstają zmiany chemiczne wewnątrz akumulatora. W takim przypadku reakcja chemiczna ma przebieg odwrotny niż przy ładowaniu.

Akumulator oddaje prąd do chwili ukończenia wewnątrz niego zachodzących reakcji chemicznych.





Baterię elektryczną, np. anodową lub żarzenia, należy uważać za wyczerpaną, gdy po dłuższej już pracy nie mogą występować wewnątrz niej odpowiednie chemiczne zmiany substancji.

13. Działanie magnetyczne prądu elektrycznego

Przez rurę centralnego ogrzewania płynie gorąca woda. Ponieważ rura rozgrzewa się, przeto dookoła niej, na całej długości, daje się odczuwać ciepło.

Im dalej znajduje się ręka od rury, tym słabiej odczuwa ona ciepło.

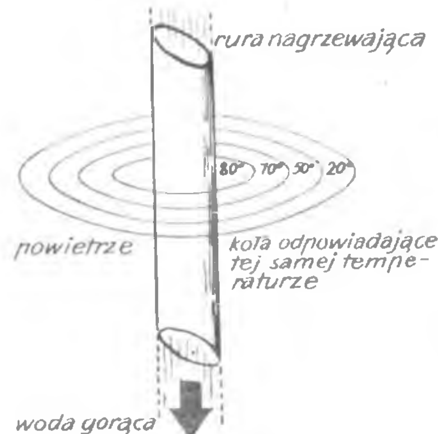
Jeżeli zawiesimy kilka termometrów w różnych odległościach od rury, to z ich wskazań można się zorientować, że oddziaływanie cieplne rury zmniejsza się wraz ze zwiększaniem odległości od niej.

Dookoła ogrzewającej powietrze rury, na całej jej długości, tworzy

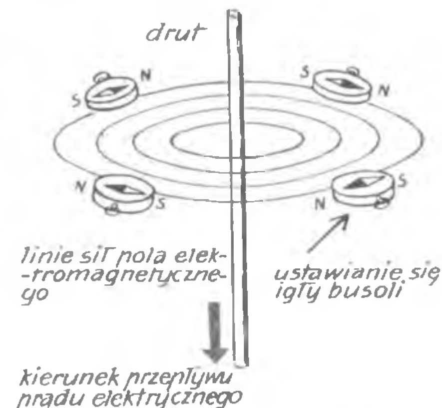
się jakby „pole cieplne“, oznaczone na rysunku kręgami. Poza tym również oznaczone są temperatury panujące dookoła rury, w zależności od odległości od niej.



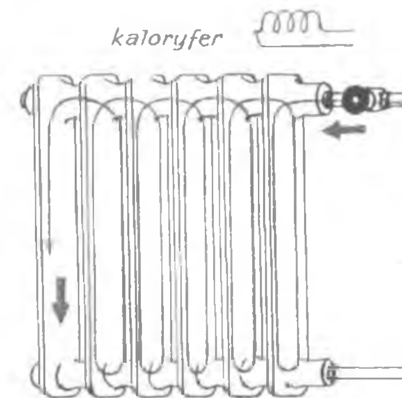
Podobne zjawiska występują także dookoła drutu, po którym płynie stały prąd elektryczny. Na rysunku



kręgami oznaczone są już jednak nie poszczególne temperatury, lecz tak zwane **linie sił pola magnetycznego**. Niewidoczne dla oka pole magnetyczne słabnie w miarę oddalenia się od drutu. Jak widzimy, linie sił pola magnetycznego leżą również w płaszczyźnie prostopadłej do drutu, po którym płynie stały prąd elektryczny.

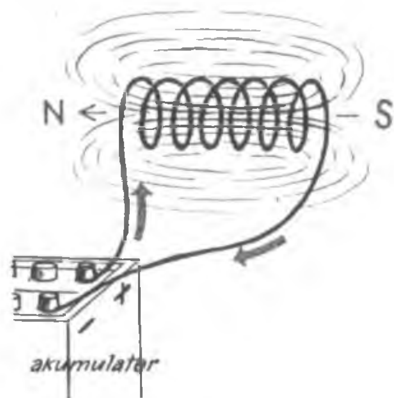


Prosta rura centralnego ogrzewania podnosi temperaturę otaczającego powietrza przez nagrzewanie. Ta sama rura, zwinięta w kaloryferze, wytwarza wyższą temperaturę powietrza w miejscu jej zainstalowania.

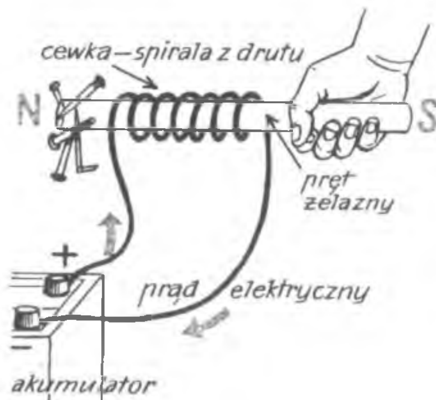


Analogiczne zjawisko występuje przy drucie prostym i zwiniętym śrubowo, po których płynie stały prąd elektryczny. O zjawiskach przy przepływie prądu zmiennego pomówimy później.

Tak **zwinięty drut nazywa się cewką.**



Działanie magnetyczne drutu zwiniętego śrubowo w cewkę można znacznie wzmocnić przez wsunięcie do jej środka pręta żelaznego.



Pod wpływem prądu stałego płynącego przez cewkę, żelazny rdzeń namagnesuje się. Będzie on przyciągać małe przedmioty żelazne (gwoździe, szpilki itp.).

Najprostszym przyrządem, wykazującym obecność pola elektromagnetycznego i magnetycznego, jest zwykła, znana nam busola (kompas).

Glob ziemski ma również własne pole magnetyczne.

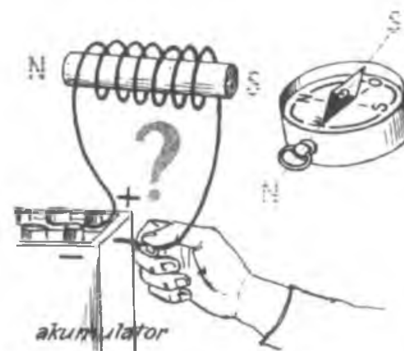


busola (kompas)

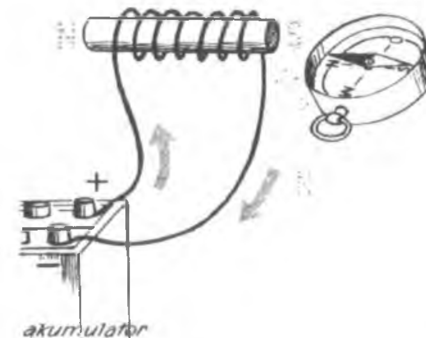
W okolicy **północnego bieguna geograficznego** znajduje się **południowy biegun magnetyczny**, natomiast w okolicy **południowego bieguna geograficznego — północny biegun magnetyczny.** Dlatego też igła busoli zwraca się swym poczernionym końcem, zwanym „północnym", w kierunku północnego bieguna geograficznego ziemi.



Igła busoli znajdującej się w pobliżu, lecz niezbyt blisko cewki z rdzeniem żelaznym, przez którą nie przepływa stały prąd elektryczny, nie zmienia swego ustawienia; wskazuje ona — jak zwykle — biegun północny ziemi.

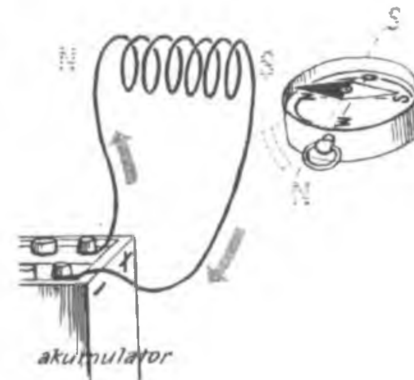


Jeżeli jednak końce cewki włączymy do źródła prądu stałego, igła busoli zmieni swe pierwotne położenie.



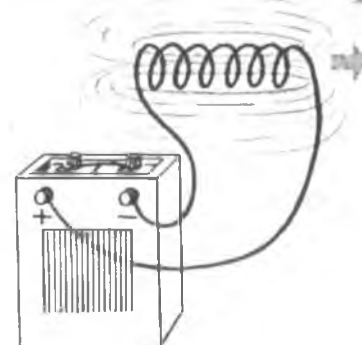
Cewka bez rdzenia żelaznego ma również pole magnetyczne, gdy przez nią płynie prąd elektryczny; pole to jest jednak znacznie słabsze. Igła busoli obróci się w kierunku cewki, na której końcach wytworzą się także ustalone bieguny *N* i *S*.

Jeżeli wewnątrz, w środku cewki, wytworzone zostało pole magnetyczne (działa ono wzdłuż osi cewki, a więc prostopadle do płaszczyzny poprzecznego przekroju cewki), wówczas mówimy, że przez tę płaszczyznę przekroju cewki przenika strumień magnetyczny. **Strumień magnetyczny** oznaczamy symbolem — dużą



grecką literą „fi" — Φ. Warto, abyście to sobie chociaż zapamiętali. Strumień magnetyczny we wnętrzu cewki jest znacznie silniejszy, jeżeli w niej znajduje się rdzeń żelazny.

strumień magnetyczny — Φ

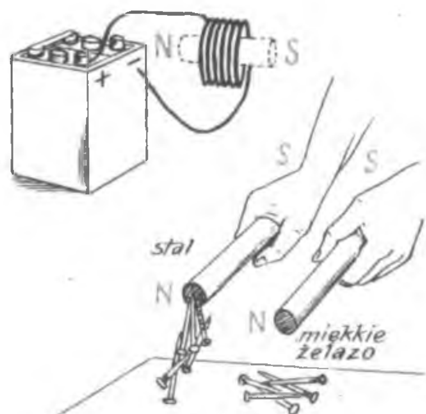


Jeżeli cewkę tę włączylibyśmy do źródła prądu zmiennego, a nie stałego, to również wytworzy się wewnątrz niej pole magnetyczne, jednak jego bieguny *N* i *S* nie będą ustalone, lecz będą zamieniać się miejscami wiele razy w ciągu sekundy —

w takt zmian kierunku przepływu (częstotliwości) prądu tego źródła. Lekka igła kompasu będzie wtedy drgać.

Gdy przez prosty, nie zwinięty w cewkę przewód przepływać będzie nie „stały", lecz „zmienny" prąd elektryczny, wówczas powstające magnetyczne pole naokoło tego przewodu będzie także zmienne, a więc będzie zmieniać swoją „biegunowość" w takt częstotliwości zmian kierunku przepływu prądu.

Ciekawą jest rzeczą, że jeżeli do środka cewki włożymy rdzeń „stalowy" i przepuścimy przez nią odpowiednio silny prąd stały, to po przerwie przepływu tego prądu i wyjęciu rdzenia z cewki zachowa on silne właściwości magnetyczne — stanie się magnesem.



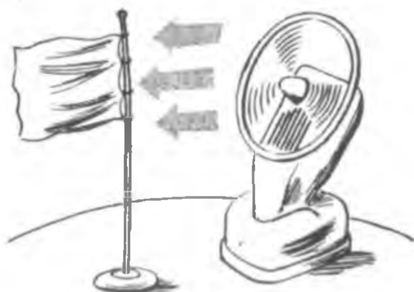
Jeżeli jednak do takiej cewki włożymy rdzeń wykonany ze zwykłego „miękkiego żelaza", a nie ze „stali", to po przerwie prądu stałego płynącego przez nią rdzeń taki będzie tylko bardzo słabo przyciągać inne żelazne przedmioty; zachowa on bardzo słabe właściwości magnetyczne lub nie zachowa ich wcale.

Gdybyśmy długi, cienki drut stalowy przeciągali np. przez wnętrze wąskiej cewki, w której płynąłby prąd o zmieniającym się natężeniu, wówczas drut ten w odpowiednich miejscach wzdłuż swojej długości magnesowałby się silniej lub słabiej, w zależności od chwilowego natężenia przepływającego prądu. Po wyjęciu drutu, w rozmaitych miejscach tego drutu zachowałoby się minimalne namagnesowanie, różne w rozmaitych miejscach w zależności od tego, jak silny prąd w tym lub innym momencie przepływał przez zwoje cewki. Zapamiętajcie to sobie, gdyż zjawisko to zostało wykorzystane przy wykonywaniu taśm magnetofonowych oraz do nagrywania i odtwarzania na znanych wam magnetofonach.

O magnetofonach będziemy jeszcze mówić we właściwym czasie.

14. Magnetyzm

Aby łatwiej zrozumieć zagadnienia związane z magnetyzmem, posłużymy się przykładami.



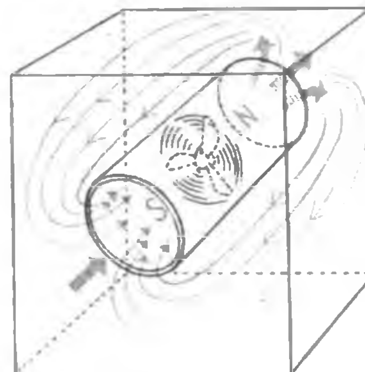
Wentylator stołowy, stojący na wprost małej chorągiewki umocowanej na podstawce, dmie z dużą siłą. Chorągiewka ta wypręża się wówczas w kierunku ruchu powietrza.

Wentylator wyciąga powietrze z pokoju.

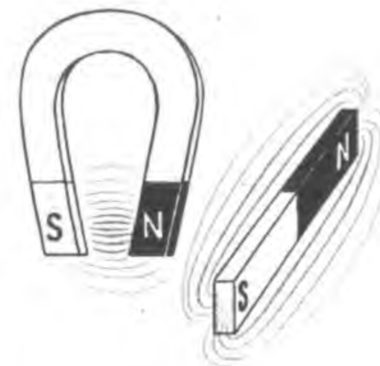
Cienkimi liniami i strzałkami oznaczono na rysunku kierunek pędzącego powietrza.



Wentylator umieszczony wewnątrz rury przepędza powietrze z jednej strony na drugą. Załóżmy, że koniec rury *S* wciąga powierze, koniec zaś *N* — wypycha.



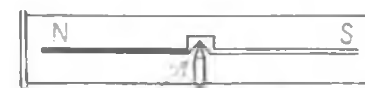
Gdy wentylator pracuje w zamkniętym pomieszczeniu, wówczas powietrze wypchnięte na jedną stronę wróci z powrotem do wentylatora od strony wciągającej. Wskutek tego powstaje stały ruch powietrza, czyli mówiąc inaczej „pole" poruszającego się powietrza.



Powszechnie znany jest magnes podkowiasty przedstawiony na rysunku. Końce jego ramion oznaczono literami *S* (biegun południowy) i *N* (biegun północny). Gdybyśmy ramiona magnesu „podkowiastego" wyprostowali, powstałby wówczas magnes „sztabkowy" (na rysunku po stronie prawej).



igła magnetyczna

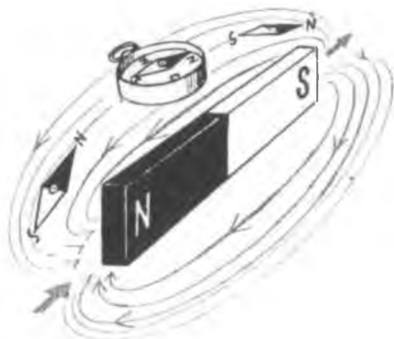


zawieszenie igły

Między końcami magnesu sztabkowego tworzą się **linie sił pola magnetycznego.** Można je porównać ze strumieniem poruszającego się po-

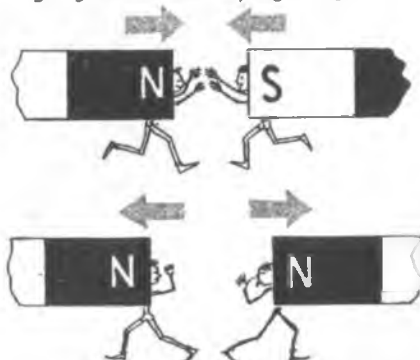
wietrza pod wpływem działania wentylatora w zamkniętym pomieszczeniu lub obudowie.

Pole magnetyczne można wykryć za pomocą igły magnetycznej.



Igła ta, wprowadzona do pola magnetycznego, ustawia się wzdłuż przebiegających linii sił.

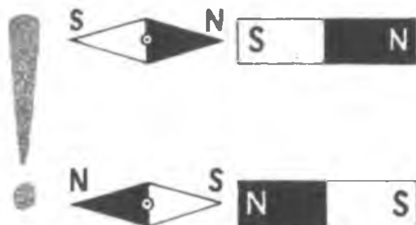
bieguny różnoimienne przyciągają się



bieguny równoimienne odpychają się

Dwa magnesy zwrócone ku sobie **różnoimiennymi biegunami** („północnym" i „południowym") **przyciągają się. Między jednoimiennymi biegunami występuje odpychanie wzajemne.**

O tych właściwościach magnesów można przekonać się za pomocą igły kompasu. Igła magnetyczna, zbliżona do bieguna *S* magnesu, obróci się ku niemu swym biegunem *N*. Odwrotnie, biegun *N* magnesu zmusi igłę magnetyczną do obrócenia się ku niemu biegunem *S*.



Jak już wiemy, sztabka żelazna umieszczona wewnątrz cewki, przez którą przepływa stały prąd elektryczny, wykazuje własności magnetyczne. Cewka ze sztabką żelazną wewnątrz niej nazywa się **elektromagnesem.** Siła elektromagnesu zależy od ilości zwojów cewki i od natężenia prądu przez nią przepływającego. Im więcej zwojów i im większe natężenie prądu, tym siła elektromagnesu jest większa.



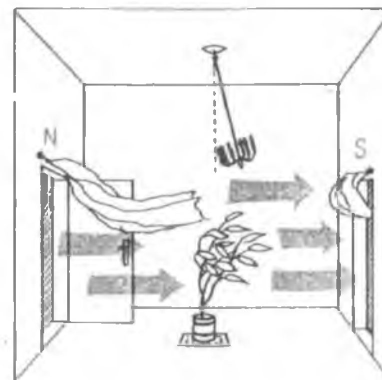
Magnetyczne działanie prądu elektrycznego znajduje zastosowanie nie tylko w urządzeniach do użytku domowego, lecz i w przemyśle. Jak wielka może być siła przyciągania elektromagnesów, świadczą o tym najlepiej dźwigi elektromagnetyczne („krany") do podnoszenia przedmiotów i złomu żelaznego.



15. Działanie dynamiczne prądu elektrycznego

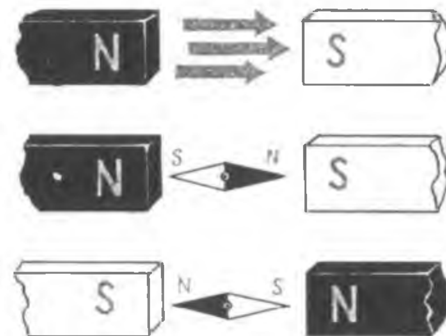
W pokoju otworzono dwoje drzwi, które znajdują się w przeciwległych ścianach. Wskutek znacznych różnic temperatur powietrze pędzi w kierunku od *N* do *S* (przeciąg).

Kierunek nachylenia żyrandola, liści kwiatów i zasłon wskazuje na kierunek prądu przepływającego powietrza.

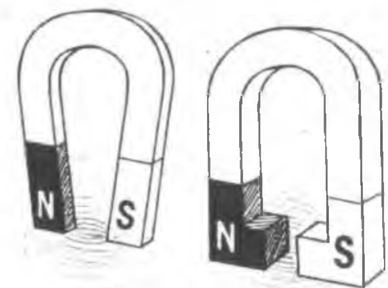


Gdyby kierunek prądu powietrza zmienił się (odwrotnie), wówczas żyrandol, liście kwiatów, a także i zasłony zmieniłyby również nachylenie na odwrotne.

Między biegunami dwóch magnesów występują **linie sił pola magnetycznego,** które przebiegają od *N* do *S*. Umieszczona na drodze linii sił pola magnetycznego igła magnetyczna ustawia się również w kierunku ich przebiegu.



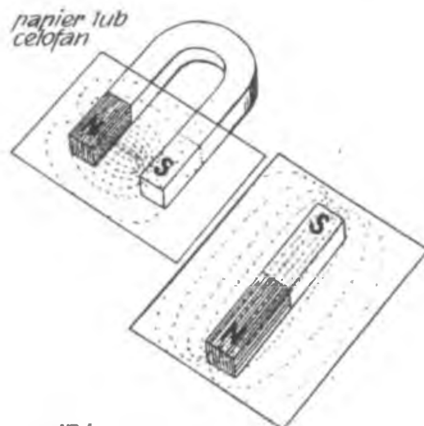
Kształt linii sił pola magnetycznego magnesów podkowiastych przedstawia zamieszczony niżej rysunek. Im natężenie pola magnetycznego jest większe, tym więcej linii sił przebiega między biegunami magnesów.



nabiegunniki

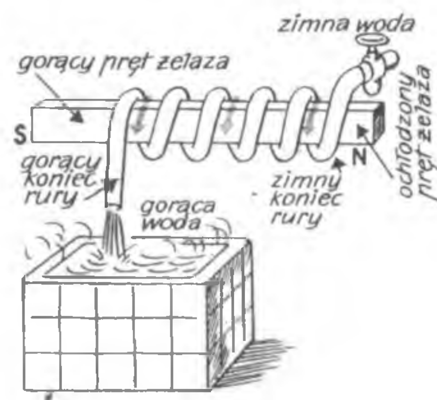
Układ niewidocznych linii sił pola magnetycznego można zobaczyć, jeżeli na magnes podkowiasty lub sztabkowy położy się arkusik cienkiego papieru, a na jego wierzch z pewnej wysokości posypie się bar-

dzo drobne żelazne opiłki. Opiłki te na powierzchni papieru same się tak ułożą pod wpływem działania sił pola magnetycznego, że dadzą wyraźny rysunek przebiegu linii sił tego pola.



opiłki —
— linie sił pola magnetycznego

Igła magnetyczna lub specjalny rdzeń magnetyczny ustawia się zawsze wzdłuż linii sił między biegunami magnesu.

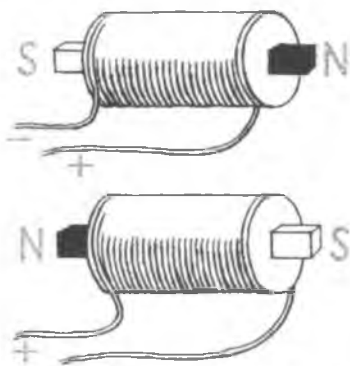


Silnie rozgrzany gruby pręt żelazny owinięto rurą, przez którą przepływa zimna woda. Prawy koniec pręta ochładza się pod wpływem zimnej wody, która dopiero wpłynęła do rury.

Równocześnie woda, płynąc dalej przez skręconą rurę, coraz więcej rozgrzewa się i dlatego nie może ochłodzić lewego końca pręta. Gdy woda przepływająca przez skręconą rurę zmieni swój kierunek, wówczas opisane zjawisko będzie miało przebieg odwrotny; ochładzanie nastąpi tylko na lewym końcu rozgrzanego pręta.

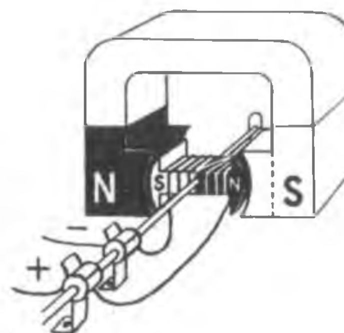
Widzimy więc, że w naszym doświadczeniu pręt ma jeden koniec zimny, drugi — gorący. Są to jakby dwa różne bieguny na końcach pręta.

Gdy przepływ wody w rurze zmieni kierunek, wówczas i temperatury końców pręta zmienią się na odwrotne; można by więc powiedzieć, że końce pręta zmieniły swoje bieguny na odwrotne.

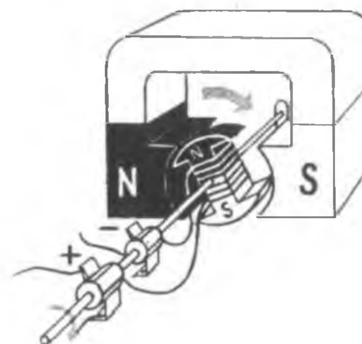


Podobne zjawiska występują i w elektromagnesach. Jeżeli kierunek przepływu prądu ulegnie zmianie, zmienia się również i biegunowość elektromagnesów; z *N* staje się *S*, a z *S* — *N*

Umieszczony na obrotowej osi, między biegunami magnesu, rdzeń żelazny nie ma własności magnesu. Można jednak mu nadać sztucznie te właściwości przez odpowiednie owinięcie go izolowanym drutem



i połączenie końców tego uzwojenia ze źródłem prądu stałego. Pod wpływem zmian kierunku przepływu

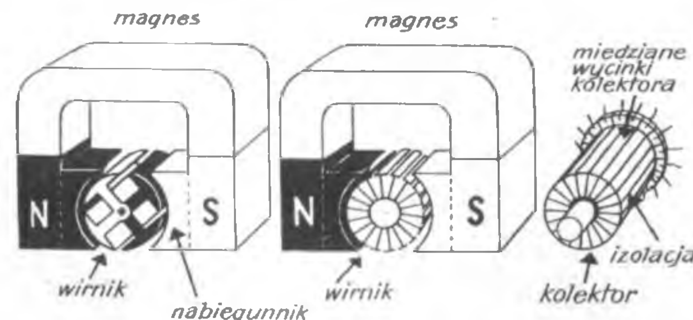


prądu zmieniają się również bieguny elektromagnesu (obrotowego rdzenia), przez co następuje jego obrót o 180° w stosunku do poprzedniego ustawienia.

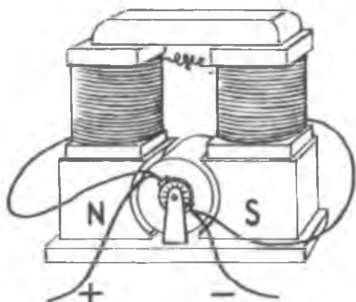
Jak widać na zamieszczonym niżej rysunku, końce uzwojenia obrotowego elektromagnesu połączone są z odpowiednio wykonanymi metalowymi kółkami, umieszczonymi na osi i odizolowanymi od niej. Miedziane sprężynki dotykając odpowiednio przeciętych powierzchni tych kółek doprowadzają tą drogą prąd stały do uzwojenia elektromagnesu umocowanego na osi.

Pod wpływem szybkich zmian kierunku przepływu prądu można zmusić do wirowania elektromagnes, umieszczony na osi między biegunami magnesu. Na tej zasadzie oparta jest **budowa silników i maszyn wytwarzających prąd elektryczny.** Część obrotowa silnika nazywa się **wirnikiem** (gdyż wiruje), a obudowa silnika z magnesami stałymi lub elektromagnesami — **stojanem.** Elektromagnes umieszczony między biegunami magnesu (stojana) może mieć również i inne kształty. Każde jego ramię jest zaopatrzone w oddzielne uzwojenie.

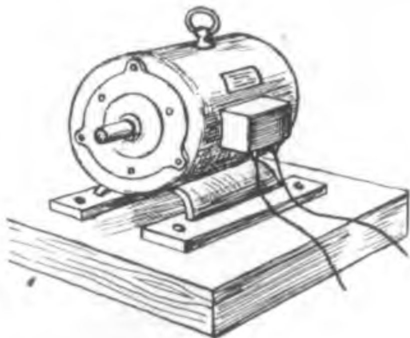
Końce każdego takiego uzwojenia łączą się z odpowiednimi działkami tzw. **kolektora,** umocowanego na obrotowej osi. Kolektor jest to



bęben wykonany z materiału izolacyjnego, do którego są przymocowane paski wycięte z grubej blachy miedzianej, odizolowane od siebie i połączone z końcami odpowiednich uzwojeń wirnika.



Do pasków kolektora, czyli tzw. „wycinków kolektora", prąd zostaje doprowadzony najczęściej przez węglowe „szczotki". Są one zwykle ustawione po przeciwległych stronach kolektora. Prąd elektryczny, przepływający przez uzwojenie wirnika, magnesuje co chwila inne, odpowiednie jego części i tym samym wprawia go w ruch obrotowy. W większych silnikach magnes zostaje zastąpiony przez duży elektromagnes.



Przez nadanie elektromagnesowi odpowiednich kształtów otrzymuje się znaną postać silnika elektrycznego.

Wszystko to, co powiedziałem o silnikach prądu stałego, jest bardzo pobieżne, lecz musi Wam wystarczyć do orientacji, gdyż inaczej zbyt zagłębilibyśmy się w teorię, której i tak na obecnym „etapie" Waszych wiadomości nie moglibyście zrozumieć.

Wspomnę Wam jeszcze, że tak wykonany silnik może być również wykorzystany jako **prądnica** dostarczająca prądu stałego. Dostarczając prąd do uzwojenia wirnika powodujemy jego obracanie się w polu magnesu trwałego (stojana), natomiast odwrotnie — obracając wirnik w polu magnesu stałego (stojana) powodujemy, że na końcach uzwojenia tego wirnika występuje odpowiednie napięcie elektryczne. Jak to się dzieje i dlaczego takie napięcie powstaje, pomówimy za chwilę. W prądnicy wirnik nazywamy **twornikiem**, gdyż w jego uzwojeniach „tworzy się" prąd elektryczny.

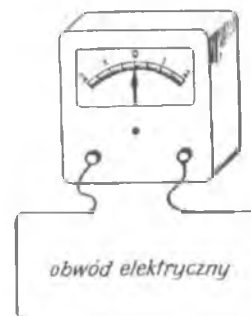
W praktyce zamiast magnesu trwałego w stojanie najczęściej stosuje się elektromagnes, czyli odpowiednie uzwojenia nawinięte na tzw. nabiegunnikach żelaznych, które mają pozostałości magnetyczne. Pod wpływem przepływu prądu magnesują się one stale i coraz silniej do pewnej wartości, zastępując magnes trwały.

Panie Profesorze — wtrącił jak zwykle ciekawy Wojtuś — to są „maszyny prądu stałego". A jak są wykonane „maszyny", powiedzmy silniki, zasilane prądem zmiennym, który przecież znajduje się najczęściej w sieci elektrycznej.

Mój drogi Chłopcze — odpowiedział pan profesor. — To są zbyt skomplikowane zagadnienia i nie będę szczegółowo ich omawiać. Powiem Wam tylko, że podobnie wykonane maszyny mogą być zasilane również i prądem zmiennym, lecz konstrukcja ich jest całkowicie odmienna i oparta na fakcie, że prąd zmienny zmienia w takt częstotliwości kierunek swojego przepływu przez uzwojenia wirnika i stojana. Te wiadomości muszą Wam na razie wystarczyć.

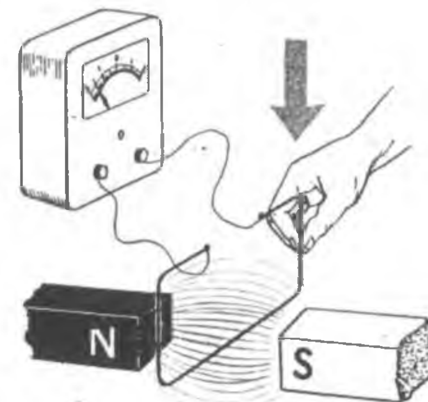
16. Działanie indukcyjne prądu elektrycznego oraz samoindukcja

A teraz pomówimy o ciekawych właściwościach cewek, przez które przepływa prąd elektryczny.



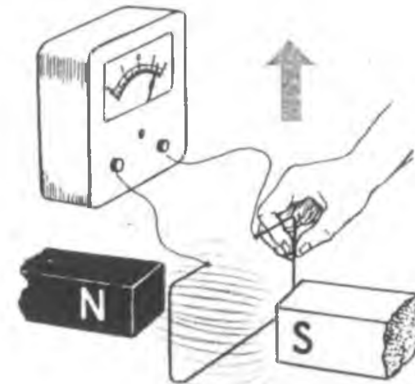
Końce ramki wykonanej z drutu miedzianego połączono z odpowiednim elektrycznym przyrządem pomiarowym na prąd stały. Wskazówka przyrządu wychyli się w jedną bądź w drugą stronę, w zależności od kierunku prądu płynącego w ramce wykonanej z drutu.

Gdy ramką wykonamy ruch w dół między bieguny magnesu tak, że jeden jej bok przetnie linie sił pola magnetycznego, to wskazówka przyrządu wychyli się i wróci do poprzedniego ustawienia (0).



Widzimy więc, że w obwodzie metalowej ramki popłynie prąd elektryczny.

Odwrotne, chwilowe wychylenie wskazówki nastąpi wtedy, gdy ramkę przesuniemy ku górze, przecinając również linie sił pola magnetycznego.

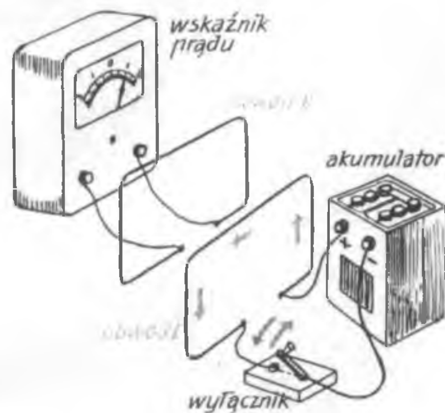


W obwodzie metalowej ramki popłynie znowu prąd elektryczny, lecz w kierunku przeciwnym do poprzedniego.

Podobne zjawisko będzie miało miejsce, jeżeli zamiast poruszać ramką między biegunami magnesu będziemy poruszać magnesem wewnątrz ramki lub cewki. W momentach ruchu magnesem w obwodzie ramki lub cewki przepływać będzie prąd elektryczny.



A teraz pokażę Wam inne ciekawe doświadczenie.



Mamy blisko obok siebie ustawione dwie cewki z dużą ilością zwojów lub po prostu — dwie ramki wykonane z drutu; płaszczyzny zwojów cewek lub ramek są do siebie równolegle. Ani cewki, ani ramki nie są ze sobą w żaden sposób elektrycznie połączone; stanowią one dwa zupełnie niezależne obwody.

Oba końce jednej ramki (lub cewki) połączone są z przyrządem pomiarowym, a oba końce drugiej — z baterią lub akumulatorem elektrycznym (dającym „prąd stały") poprzez wyłącznik, którym możemy „zamykać" lub „otwierać" obwód prądu, czyli włączać lub wyłączać ramkę (lub cewkę) do zacisków naszego źródła prądu.

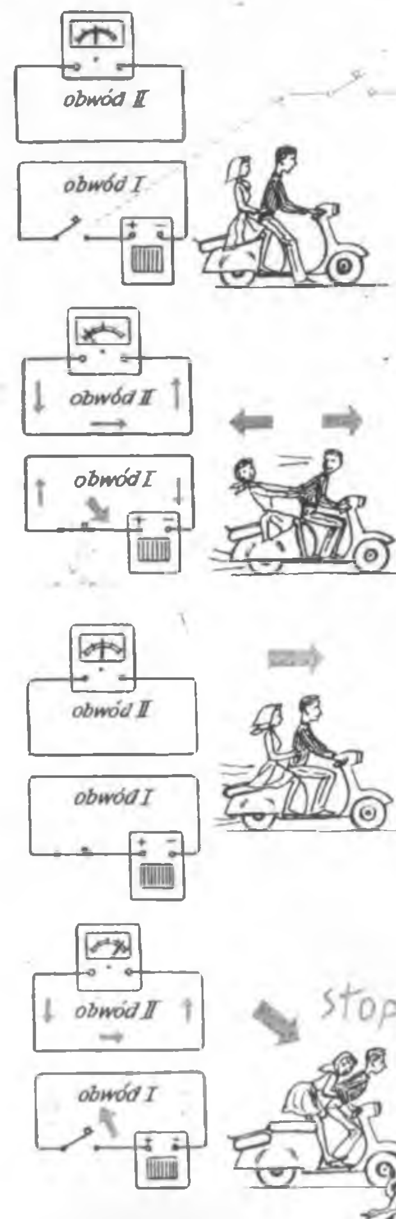
A teraz uważajcie. Z chwilą zamknięcia wyłącznika w *I* obwodzie natychmiast popłynie prąd z baterii elektrycznej, do której włączona została *I* ramka, i równocześnie natychmiast powstanie prąd w obwodzie *II*. Wskazówka przyrządu pomiarowego natychmiast wychyli się i wróci do poprzedniego położenia. Podobne zjawisko zaistnieje i przy otwieraniu wyłącznika, czyli przy odłączaniu obwodu *I* spod prądu otrzymywanego z akumulatora. Jest to tak zwane **oddziaływanie indukcyjne** obwodu *I* na obwód *II*. W obwodzie *II* powstaje prąd elektryczny **tylko w momencie zamykania lub otwierania wyłącznika obwodu *I*.**

Analogia: gdy skuter stoi, to pasażer może siedzieć spokojnie (wyłącznik otwarty; w obwodzie *I* prąd nie płynie; wskazówka przyrządu w obwodzie *II* nie wychyla się).

Skuter nagle szybko rusza. Pasażer doznaje silnego szarpnięcia w tył (zamykanie wyłącznika w obwodzie *I;* wskazówka przyrządu wychyla się w lewo).

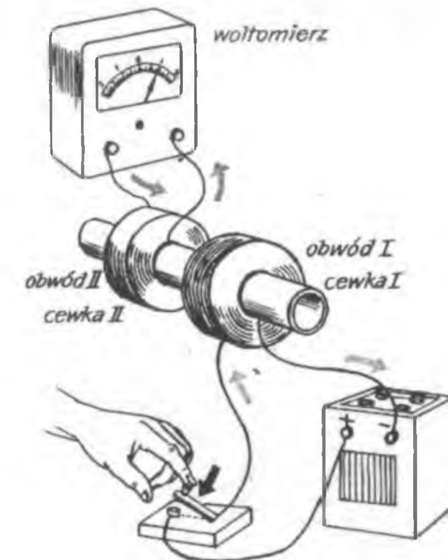
Podczas jazdy pasażer siedzi spokojnie (w obwodzie *II* nie ma prądu, mimo że w *I* obwodzie

prąd płynie; wskazówka nie wychyla się).



Skuter nagle zatrzymuje się. Pasażer odczuwa pchnięcie naprzód (wyłącznik otwiera się. Powstaje impuls prądu w obwodzie *II*; wskazówka wychyla się w prawo).

Oddziaływanie indukcyjne obwodów można wzmocnić przez zastąpienie zwykłych ramek drucianych cewkami o większej ilości zwojów.



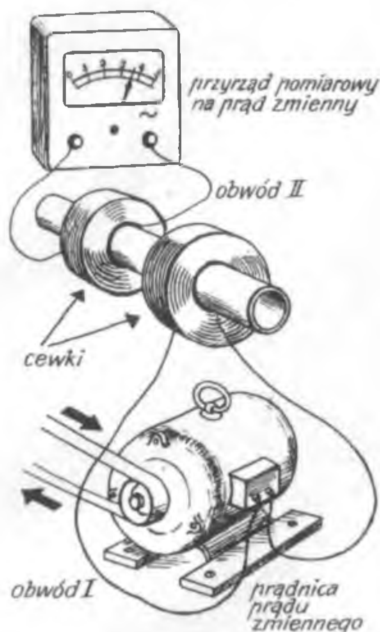
Widzimy, że wskazówka przyrządu pomiarowego wychyla się tylko w momentach zamykania i otwierania wyłącznika obwodu *I*, zasilanego prądem **stałym.**

Włączając kolejno i wyłączając obwód *I* z baterii, można w obwodzie *II* otrzymać zmieniające się wychylenia wskazówki przyrządu — raz w lewo, raz w prawo.

Z tego wynika, że w tych momentach prąd elektryczny w obwodzie *II* przepływa raz w jedną, raz w drugą stronę, podobnie jak przy prądzie zmiennym.

Jeżeli obwód *I* będzie zasilany

ze źródła prądu **zmiennego**, a nie stałego, to w obwodzie *II*, dzięki **indukcji**, powstanie również prąd zmienny. Obecność prądu w obwodzie *II* wykaże odpowiedni przyrząd pomiarowy na prąd zmienny. Wskazówka tego przyrządu nie będzie jednak wahała się. Natychmiast po włączeniu źródła prądu zmiennego przyrząd pomiarowy będzie stale wskazywał pewną wartość prądu płynącego w obwodzie *II*. Bardzo szybkie zmiany w kierunkach przepływu, jakie powstają przy prądzie zmiennym, odpowiadają w tym przypadku otwieraniu i zamykaniu wyłącznika w obwodzie *I*, który poprzednio był zasilany prądem stałym.



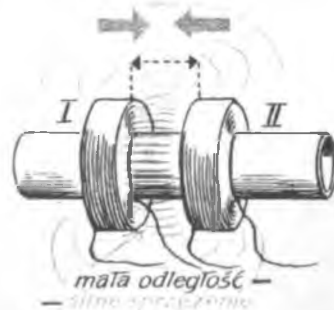
Jeżeli przez cewkę *I* przepływa prąd zmienny, to w zbliżonej do niej cewce *II* wskutek oddziaływania indukcyjnego wzbudza się również prąd tego samego rodzaju (**o tej samej częstotliwości**), wykazujący pewne napięcie.



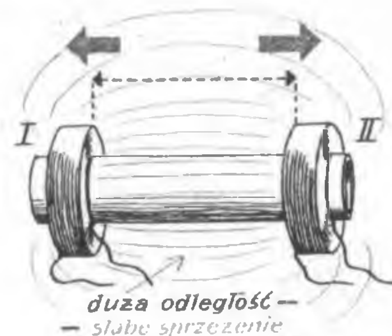
Dwie cewki, które znajdują się bardzo blisko siebie, są ze sobą, jak mówimy, **sprzężone**. W takich przypadkach mówi się o *sprzężeniu indukcyjnym*.

Ciekawe jest również, że jeżeli w cewce *I*, czyli w obwodzie „pierwotnym", prąd ze źródła przepływa w jedną jakąś stronę, to w cewce *II*, czyli w obwodzie wtórnym, prąd indukowany płynie w stronę przeciwną.

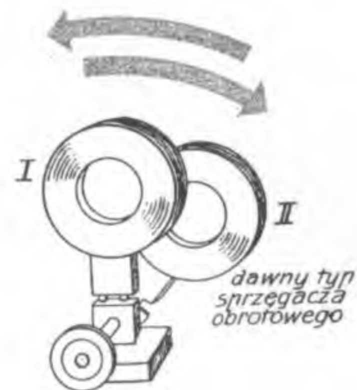
Stopień sprzężenia może być różny.



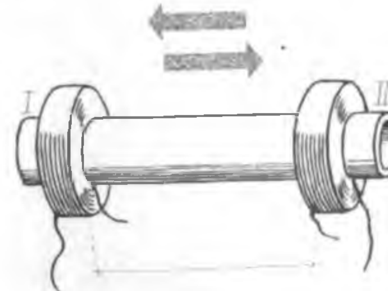
Cewki znajdujące się w bardzo małej odległości od siebie są **silnie sprzężone**.



Dość daleko oddalone od siebie cewki są **słabo sprzężone**. Tutaj pokazano jeden ze sposobów uzyski-



wania zmiennego stopnia sprzężenia, który osiąga się za pomocą sprzęgacza obrotowego, jaki stosowało się w starych modelach odbiorników. Odmianą sprzęgacza obrotowego jest sprzęgacz równoległy.



cewki rozsuwane

Im większy jest stopień sprzężenia, czyli im bliżej siebie są obie cewki, tym większe jest wzajemne oddziaływanie ich obwodów na siebie i odwrotnie.



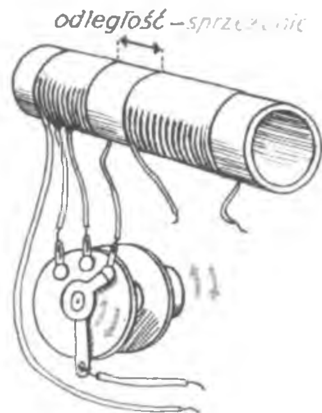
Analogie: między mówiącym mężczyzną a chłopcem występuje jakby „sprzężenie akustyczne". Ponieważ odległość między nimi jest mała, przeto *II* słyszy dobrze to, co mówi *I*. „Sprzężenie to jest silne".



Tutaj sprzężenie akustyczne jest słabe. Niewiasta *II* z trudem odróżnia wyrazy mowy mężczyzny *I*, odległość bowiem między nimi jest dość duża.

Cewka *I* ma mało zwojów, cewka zaś *II* ma ich znacznie więcej. Odległość między uzwojeniami cewek jest nieduża; pomimo to oddziaływanie ich na siebie jest słabe.

Cewki stosowane w radioodbiornikach są często nawijane na wspólnym cylindrze, wykonanym z materiału izolacyjnego.



Jeżeli odległość między cewkami *I* i *II* jest stała, to stopień sprzężenia może być regulowany za pomocą włączania większej lub mniejszej ilości zwojów cewki I. Przy mniejszej ilości zwojów cewki *I* oddziaływanie na cewkę *II* jest słabsze.

Panie Profesorze, mam kilka pytań — przerwał niesforny Wojtuś. — Pan Profesor tak obrazowo nam tłumaczy wszystkie zagadnienia związane z elektrotechniką, więc i mnie niech będzie wolno tym samym sposobem się posłużyć.

Wiemy już, że pole magnetyczne jest ściśle związane z prądem, który przepływa przez przewód, ramkę lub cewkę itp., podobnie jak cień jest przywiązany do człowieka, jeżeli jest on oświetlony.

A zatem: przepływ stałego prądu elektrycznego wytwarza stale pole magnetyczne, przepływ zmiennego prądu elektrycznego wytwarza zmienne pole elektryczne.

Przy włączaniu i wyłączaniu prądu stałego powstają zmiany w przepływie tego prądu, a więc i zmiany pola magnetycznego. Podobnie, przy przepływie prądu zmiennego o pewnej częstotliwości występuje również zmienne pole magnetyczne w takt częstotliwości prądu.



Wiemy już także, że jeżeli linie sił pola magnetycznego będą przecinane np. przez poruszający się w nim przewód, ramkę lub cewkę albo przez ruch tego pola (np. ruch magnesem), to wytworzy się w nich przepływający prąd elektryczny, jeżeli tylko ich końce będą ze sobą w jakiś sposób połączone, tworząc zamknięty obwód elektryczny.

Tak samo już wiemy, że jeżeli występują zmiany pola magnetycznego, np. w cewce *I*, wskutek przepływu przez nią prądu zmiennego z jakiegoś źródła, to oddziałują one na inną cewkę *II* z nią sprzężoną, czyli znajdującą się w pobliżu cewki *I*, mimo że nie są one w żaden sposób połączone ze sobą. W cewce tej, wskutek tzw. indukcji, powstanie prąd elektryczny. Będzie on w niej płynął, jeżeli końce tej cewki będą połączone ze sobą bezpośrednio lub przez jakieś urządzenie.

Nie wszystko jednak jest jasne. Mówimy np., że w zamkniętym obwodzie omawianego obwodu cewki, ramki i przewodu płynie wzbudzony w nich prąd elektryczny. Z tego można wnioskować, że są one „źródłem prądu" elektrycznego. Jasną jest sprawą, że gdy obwód zamknięty przerwiemy, np. za pomocą odpowiedniego wyłącznika, to prąd w obwodzie przestanie płynąć. Prąd nie płynie, ale chyba „źródło prądu" pozostało? Jak wobec tego można poznać, że są one w dalszym ciągu źródłem prądu, które można wykorzystać po odpowiednim zamknięciu obwodu elektrycznego?.

Interesuje nas również, jak działa prądnica i na jakiej zasadzie została ona zbudowana? Pan Profesor obiecał nam o tym powiedzieć.

A teraz jeszcze jedno, ostatnie pytanie. Wyobraźmy sobie, że chłopiec trzyma zupełnie pionowo do góry wąż gumowy, przez który przepływa woda. Strumień wody wypływający z węża oblewa innych chłopców, znajdujących się blisko niego, lecz przecież na pewno również najbardziej oblany jest sam ten chłopiec, który trzyma wąż. Myślę, że jeżeli zmiany pola magnetycznego, powstające np. w cewce pod wpływem przepływającego przez nią prądu zmiennego, zdolne są do wzbudzenia prądu w innej cewce, znajdującej się w pobliżu, to chyba i w niej samej, przede wszystkim powinien powstawać również jakiś prąd, inny niż ten „normalny" ze źródła. Prawda, Panie Profesorze?



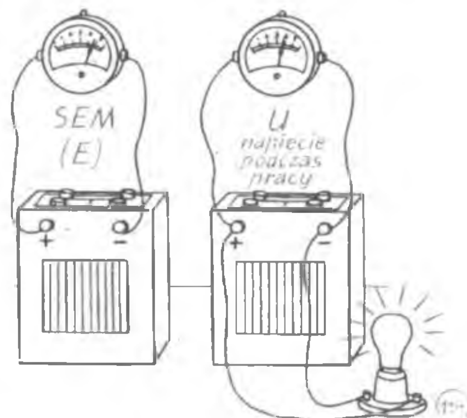
Drogi chłopcze — wykrzyknął z radości pan profesor — zdumiewasz mnie swoim rozumowaniem. Zarzuciłeś mnie pytaniami, słusznymi pytaniami, na które muszę ci odpowiedzieć. Od czego zacząć?.

Nie wiem, czy pamiętacie, jak wam już mówiłem, że każda bateria, akumulator czy prądnica i inne źródła prądu elektrycznego wytwarzają prąd o pewnym sobie właściwym napięciu, które wynika z różnic potencjałów, jakie panują na

ich „biegunach". To napięcie w czasie jest zależne od tego, co się przyłączy do źródła prądu. O, na przykład w tej chwili żarówka świeci się nie tak jasno jak powinna, a napięcie wykazywane przez woltomierz wynosi 200 woltów zamiast 220 woltów, jak to być powinno. Mówimy wówczas, że sieć elektryczna jest za bardzo obciążona, za duża jest moc pobierana, za dużo prądu przez nią płynie, który powoduje powstawanie zbyt dużego spadku napięcia w miejscu odbioru. A przecież elektrownia wytwarza prąd zawsze o stałym napięciu.



Gdybyśmy odłączyli wszystkie odbiorniki prądu (maszyny, żarówki i inne) od przewodów sieci elektrycznej i gdybyśmy zmierzyli napięcie na zaciskach prądnicy — w czasie tzw. „biegu jałowego", albo — gdybyśmy zmierzyli napięcie na „biegunach" baterii lub akumulatora do niczego nie podłączonego, to otrzymalibyśmy wówczas prawdziwe napięcie, wytwarzane przez daną prądnicę, baterię lub akumulator. Takie napięcie — jak już wiemy — nazywamy tzw. **siłą elektromotoryczną** i mierzymy również w **woltach**, a oznaczamy skrótem SEM. Siła elektromotoryczna źródła prądu pokrywa więc spadki napięć, jakie powstają przy przesyłaniu prądu przez przewody do urządzeń elektrycznych, związane z poborem mocy przez dołączone różne urządzenia, oraz spadki na oporności samego źródła prądu. Zapamiętajcie to sobie.

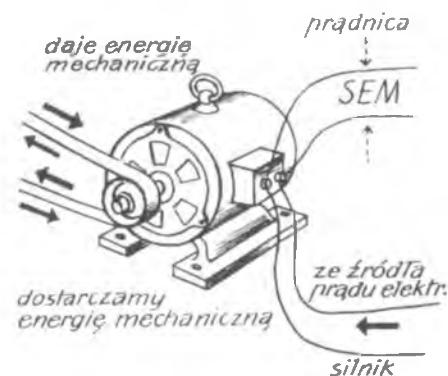


Zmiany pola magnetycznego, oddziaływające na inny przewodnik lub cewkę, wzbudzają w niej (indukują) właśnie SEM, czyli **siłę elektromotoryczną indukcji**. Indukcji, gdyż indukcja powoduje jej powstawanie i to tzw. **indukcji wzajemnej**, gdyż cewki wzajemnie oddziaływają na siebie. Na nie połączonych z niczym końcach takiego przewodnika lub cewki występuje wówczas różnica potencjałów, a więc napięcie w „stanie jałowym", czyli SEM indukcji. Przewodnik ten lub cewka staje się **źródłem prądu**. Prąd ten może płynąć w obwodzie zamkniętym, który utworzy się, jeżeli końce cewki lub przewodnika połączy się bezpośrednio (niebezpiecznie!) lub przez jakiś odbiornik, urządzenie albo odpowiedni układ elektryczny.

Po dołączeniu takiego odbiornika występują spadki napięć na oporności obwodu i to, co możemy wówczas pomierzyć woltomierzem na końcach przewodnika lub cewki, nie jest już SEM.

A teraz w skrócie odpowiem Ci na drugie pytanie.

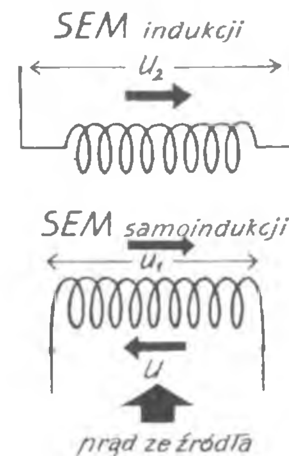
W silnikach elektrycznych, pod wpływem wzajemnego oddziaływania na siebie prądu przepływającego przez uzwojenie wirnika i pola magnetycznego (magnesów lub częściej — elektromagnesów), wytwarza się siła mechaniczna obracająca wirnik. Obroty wirnika i siłę tę wykorzystujemy do różnych celów.



I odwrotnie. Gdybyśmy zamiast włączyć do prądu pokręcali wirnikiem takiego silnika, np. na prąd stały, to uzwojenie wirnika, obracając się między biegunami magnesów trwałych lub (co najczęściej się spotyka) między biegunami elektromagnesów, przecinałoby linie sił pola magnetycznego stojana. Pole magnetyczne wytwarzane jest albo przez magnesy trwałe, albo częściej przez elektromagnesy. Wirnik taki stałby się tzw. „twornikiem", na którego końcach uzwojenia wytworzyłaby się siła elektromotoryczna (SEM) przy połączeniu z nią przewidzianej liczby różnych odbiorników (np. żarówek, innych silników, grzejników itp.) popłynie prąd, a wartość siły elektromotorycznej spadnie do pewnego „nominalnego" napięcia.

Tyle w skrócie o prądnicy prądu stałego. Prądnic prądu zmiennego nie będziemy omawiać, ponieważ w nich zagadnienia są zbyt skomplikowane, chociaż zasada działania opiera się na tych samych zjawiskach.

I odpowiedź na ostatnie pytanie. O tym właśnie miałem mówić, lecz ty Wojtusiu wyprzedziłeś mnie swoim pytaniem. Potrafisz logicznie myśleć. Rzeczywiście, tak jest. Pole magnetyczne cewki *I* zmieniając się wywołuje nie tylko powstawanie SEM indukcji, a więc i prądu w obwodzie cewki *II* z nią sprzężonej (ustawionej w pobliżu), lecz również i w tej samej cewce *I* wywołuje powstawanie SEM indukcji i prądu w jej obwodzie. Ponieważ w cewce *I* **własne** pole magnetyczne powoduje powstawanie SEM, nie jest to już indukcja, lecz **samoindukcja**. Możemy więc powiedzieć,



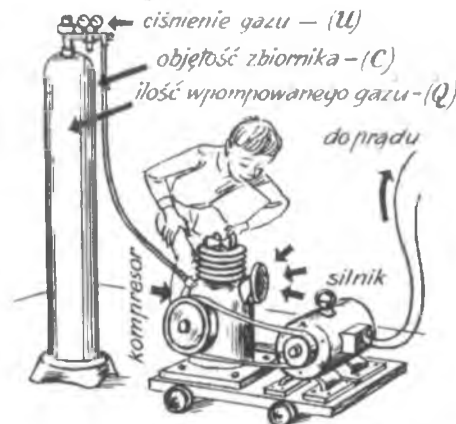
że w cewkach podczas przepływu prądu, który zmienia natężenie (przerwy w przepływie; prąd zmienny), a więc również kiedy zmienia się wartość pola magnetycznego, powstaje **SEM samoindukcji**. Musicie wiedzieć, że w obwodzie tej cewki płynie wówczas prąd, którego **kierunek** jest **odwrotny** do kierunku przepływu „normalnego" prądu ze źródła. Działa on jakby „na złość normalnemu prądowi". Wynika to z tego, że gdy natężenie prądu ze źródła płynącego przez cewkę rośnie, wytwarzanie SEM samoindukcji maleje, gdy maleje, SEM samoindukcji rośnie i osiąga swą największą chwilową wartość w momencie przerwy w przepływie prądu ze źródła. Widzimy więc, że zjawisko SEM samoindukcji opóźnia i jak gdyby przeciwstawia się zmianom wartości prądu w obwodzie cewki.

A teraz przejdziemy do innego, również ciekawego i ważnego zagadnienia.

17. Kondensatory i ich działanie. Pojemność elektryczna

W zamknięty zbiornik można wpompować pewną ilość gazu. Zakładając, że zbiornik ma stałą objętość lub — jak często mówimy — pojemność, ilość wpompowanego gazu jest zależna od ciśnienia, pod jakim go wpompowujemy (nie biorąc pod uwagę temperatury gazu). Im ciśnienie gazu będzie większe, tym ilość gazu będzie również większa. Jeżeli ciśnienie będzie za wysokie, gaz może rozsadzić zbiornik.

Przeprowadzimy analogię: objętość zbiornika odpowiada pojemności elektrycznej kondensatora — *C*, ciśnienie gazu — stałemu napięciu elektrycznemu — *U*, ilość wpompowanego gazu — wielkości ładunku elektrycznego — *Q*



Możemy wówczas powiedzieć, że pojemność kondensatora *C* zależy od stosunku *Q* do *U*, czyli:

$$C = \frac{Q}{U}.$$

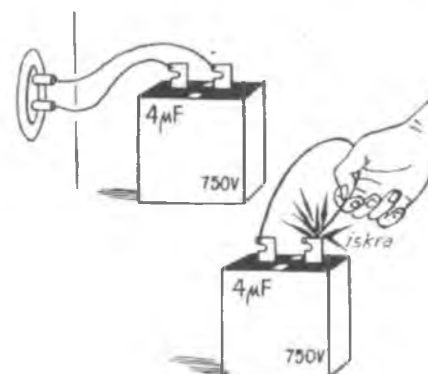
A więc: pojemność elektryczna kondensatora *C* jest tym większa, im więcej można w nim zmagazynować ładunków elektrycznych *Q* przy tym samym napięciu *U*. Przy stałej pojemności kondensatora *C* ilość zmagazynowanych ładunków *Q* jest zależna od wysokości napięcia stałego *U*, przyłożonego do niego.

Kondensator ma również swoją wytrzymałość, podobnie jak zbiornik gazu; przy zbyt wielkim napięciu (ciśnieniu) może ulec przebiciu elektrycznemu i przez to zniszczeniu. Dlatego też na wszystkich kondensatorach — poza wartością pojemności elektrycznej — zaznaczone jest zawsze dopuszczalne napięcie pracy, a często i próby lub przebicia.

Jak wiecie, wiadro można napełnić wodą z wodociągu. Napełnione wiadro można zawsze opróżnić.

Możemy więc powiedzieć, że kondensator przyłączony do źródła **prądu stałego** ładuje się (napełnia się) elektrycznością.

Podobnie jak zbiornik gazu, naczynie lub wiadro, zawierające jakąkolwiek ciecz, kondensator może być również „opróżniony" (wyładowany). Przy wyładowywaniu kondensatora powstaje iskra.

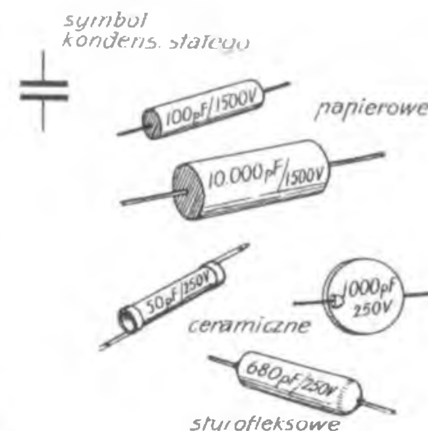


Wyładowanie takie można uzyskać przez zwarcie drutem obu biegunów kondensatora.

Im większe jest naczynie, tym więcej może pomieścić się w nim cieczy. Pojemność tych naczyń można wyrazić w litrach lub centymetrach sześciennych (cm^3).

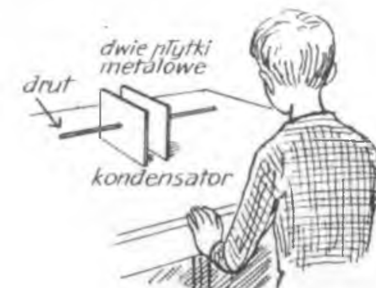
Na rysunku pokazano wygląd kilku mniejszych kondensatorów o różnej pojemności elektrycznej. **Małe pojemności wyraża się w pF (pikofaradach);** dawniej wyrażano je w cm (centymetrach).

Duży kondensator (o dużej pojemności) może pomieścić większy ładunek elektryczny niż kondensator mały. **Pojemność dużych kondensatorów wyraża się w mikrofaradach** (skrót — μF), przy czym: 1 μF = = 1 000 000 pF.

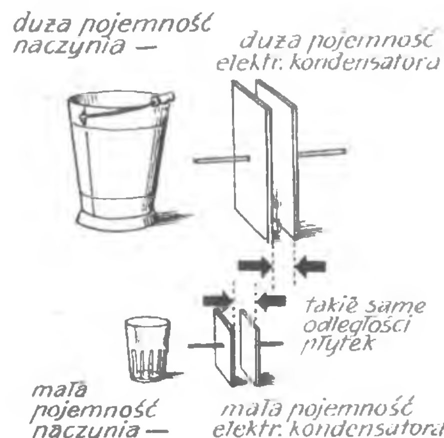


Naczynie o określonej pojemności zdoła pomieścić odpowiednią ilość cieczy. Podobnie kondensator może również pomieścić tylko określonej wielkości ładunek elektryczny.

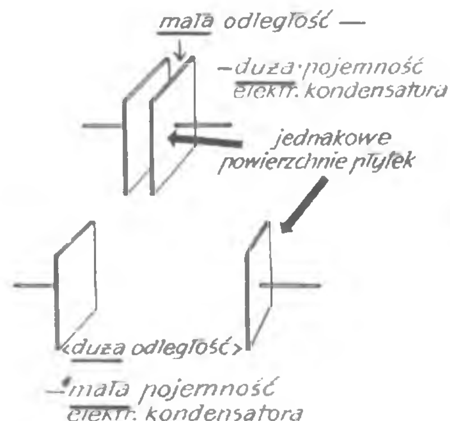
Ilość wody znajdującej się w wiadrze stopniowo maleje przez parowanie. Zmniejszanie ilości wody będzie znacznie szybsze, gdy wiadro jest uszkodzone. Kondensator również traci wolno swój ładunek elektryczny przez samowyładowywanie, a szybko — wskutek wadliwej izolacji.



Najprostszy kondensator tworzą dwie metalowe płytki, od których odchodzą przewody, ustawione naprzeciw siebie, tak jak to widać na rysunku.



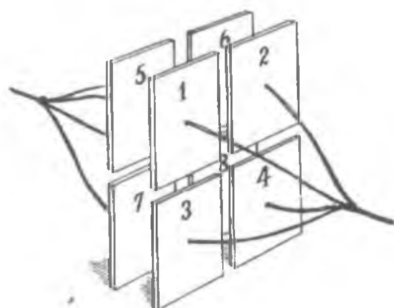
Pojemność elektryczna kondensatora zależy przede wszystkim od **wielkości płytek,** czyli od ich powierzchni (w cm²). Kondensator składający się z małych płytek ma małą pojemność elektryczną.



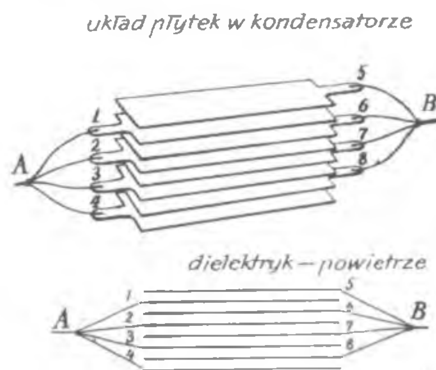
Kondensator mający duże płytki, ustawione w tej samej odległości od siebie jak w kondensatorze z małymi płytkami, ma dużą pojemność elektryczną.

O pojemności kondensatora decyduje również **odległość między płytkami** (w mm). Przy dużej odległości między płytkami pojemność jest mała (gdy je wyładowujemy, powstaje wówczas mała iskra).

W miarę zmniejszania się odległości między tymi płytkami pojemność wzrasta (przy wyładowywaniu towarzyszą coraz to większe iskry).

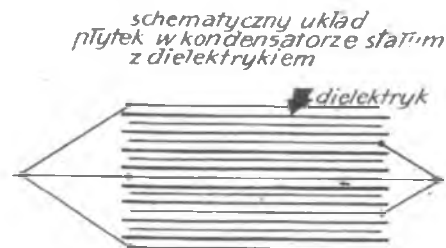


Duże płytki kondensatora można podzielić na mniejsze i odpowiednio połączyć je drutami. Taki podział nie wpływa na zmianę pojemności kondensatora.



W celu zmniejszenia wymiarów kondensatora płytki mogą być ułożone inaczej, np. w sposób przedstawiony na zamieszczonym rysunku.

Zamiast powietrza znajdującego się między płytkami w opisanym kondensatorze można stosować **jakikolwiek materiał izolacyjny,** np. **cienkie szkło, mikę, różne materiały plastyczne, papier parafinowany itp.** Zastąpienie izolacji powietrznej — stałą zmniejsza w znacznym stopniu wymiary kondensatora, przy zachowaniu tej samej pojemności elektrycznej.



Izolację między płytkami nazywamy **dielektrykiem.**

Rozmaite materiały izolacyjne mają różne właściwości dielektryczne, różną tzw. **przenikalność dielektryczną,** czyli tzw. **stałą dielektryczną,** którą oznaczamy grecką literą „epsilon" — ε.

Wskazuje ona, ile razy pojemność kondensatora z danym dielektrykiem jest większa od pojemności tego samego kondensatora, gdyby między jego płytkami była próżnia, dla której stała dielektryczna $\varepsilon = 1$. Podam Wam również, że stała dielektryczna, np. celuloidu, wynosi około — 3,5, szkła — 5, miki — 8, polistyrenu — 2,9, gliceryny — 55, a np. tytanianu baru — nawet kilka tysięcy.

Podam Wam również wzór, który dobrze byłoby zapamiętać. Według niego bowiem można obliczyć pojemność danego kondensatora znając: ilość płytek — n; powierzchnię każdej z nich S — w cm²; odległość d między nimi — w mm oraz rodzaj dielektryka, a więc jego stałą dielektryczną — ε.

Wzór ten brzmi:

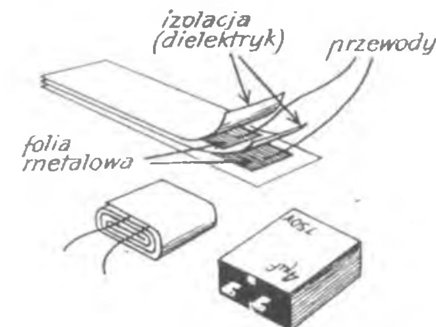
$$C = \frac{S \cdot \varepsilon}{4 \cdot \pi \cdot d} \cdot (n - 1) \quad \text{w cm,}$$

czyli:

$$C = 0{,}0885 \cdot \frac{S \cdot \varepsilon}{d} \cdot (n - 1) \quad \text{w cm.}$$

Naturalnie, pojemność obliczoną w cm można zamienić na pF wiedząc, że $1\ pF = 0{,}9\ cm$, a z kolei nawet dalej — na μF.

Małe kondensatory (o małej pojemności) mają następujące dielektryki: mikę, specjalnie spreparowany papier, celuloid, tworzywa polistyrenowe (styroflex), specjalną ceramikę itp., między dwiema wstążkami z aluminiowej folii (lub natryskanymi srebrem elektrodami — kondensatory ceramiczne).



Kondensatory tzw. **blokowe** o dużej pojemności składają się **z pasków cynfolii,** odizolowanych najczęściej specjalnym papierem. Po zwinięciu i sprasowaniu kondensator taki umieszcza się w blaszanym

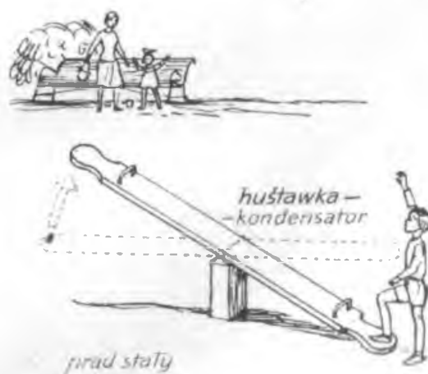
pudełeczku, ochraniającym z zewnątrz przed uszkodzeniem.

Są również kondensatory tzw. **elektrolityczne**, w których znajduje się wstążka z folii aluminiowej, zanurzona w specjalnym płynie, zwanym „elektrolitem". Jednym biegunem kondensatora jest wówczas ta wstążka, drugim zaś — aluminiowy kubeczek wraz z elektrolitem; dielektrykiem natomiast jest cieniutka warstewka tlenku glinu pokrywająca wstążkę. Kondensatory te mają duże pojemności rzędu dziesiątek, setek, a nawet tysięcy µF.

kondensatory elektrolityczne

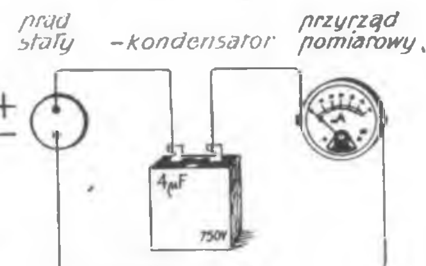


Przedstawiona niżej huśtawka dziecinna będzie służyła jako przedmiot porównawczy do dalszych naszych rozważań.



Chłopiec znajdujący się po prawej stronie rysunku przyciska koniec huśtawki do ziemi. Dziewczynka z mamusią stojącą z daleka po lewej stronie zauważyła, że drugi koniec huśtawki jednocześnie podnosi się do góry, po czym ruch ustaje.

Analogia: prąd stały doprowadzony do płytek kondensatora ładuje go. **Po naładowaniu kondensatora ustaje przepływ prądu.** Wskazówka przyrządu pomiarowego wychyla się na krótką chwilę (podczas ładowania kondensatora) i znów opada do zera.



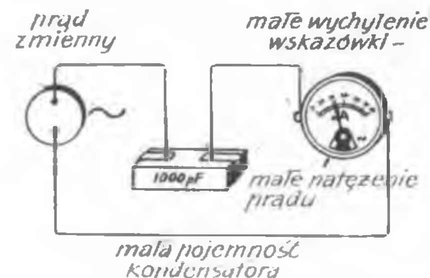
Stąd wniosek, że **prąd stały nie może ciągle płynąć przez kondensator.**



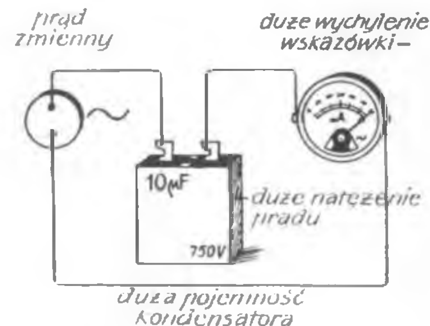
Gdy chłopiec z dziewczynką siądą na huśtawkę i będzie się ona na przemian opuszczała w dół i podnosiła w górę dowolną ilość razy, nastąpią ciągłe zmiany położenia końców huśtawki.

Analogia: źródło prądu zmiennego ładuje kondensator na przemian, raz w jednym, raz w drugim kierunku, przez co powstaje ciągły przepływ prądu, wykazywany przez odpowiedni przyrząd pomiarowy.

Widzimy więc, że **prąd zmienny przepływa ciągle przez kondensator.**



Kondensatory o małej pojemności przewodzą prąd zmienny o małym natężeniu, o dużej zaś — o natężeniu odpowiednio większym.

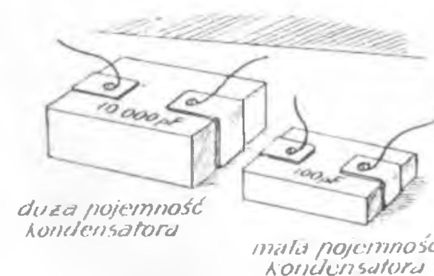


Jeżeli instalacja elektryczna zasilana jest **prądem stałym**, a nie zmiennym, co czasami może mieć jeszcze miejsce w pewnych warunkach, to taki prąd często powoduje silne buczenie, wydobywające się z głośnika aparatu radiowego, przystosowanego do zasilania prądem stałym. Wówczas stosuje się filtr wyrównujący napięcie uzyskiwane z instalacji oświetleniowej prądu stałego. Filtr taki składa się przeważnie z kondensatorów, włączonych równolegle między przewody „sznura" odbiornika (jeden „biegun" kondensatora — do jednego bolca wtyczki, drugi „biegun" — do drugiego jej bolca; usuwa on buczenie w głośniku).

audycje odtwarzane czysto!



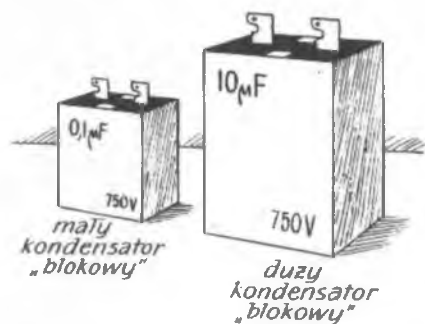
W nowoczesnych aparatach urządzenie takie wmontowane jest wewnątrz skrzynki.



Z poprzednich rozważań wynika, że pojemność kondensatora zależy przede wszystkim od wielkości po-

wierzchni pokrywających się metalowych płytek, od odległości między nimi oraz od rodzaju dielektryka.

Wiadomo nam także, że pojemność kondensatorów stałych o małej pojemności wyraża się w pikofaradach, kondensatorów zaś o bardzo dużej pojemności (blokowych) — w mikrofaradach.



W tych samych jednostkach wyraża się pojemność kondensatorów tzw. **elektrolitycznych suchych i mokrych.**

Dla ułatwienia zapamiętania Tym spośród Was, których dokładniej interesują zagadnienia związane z radiotechniką, podajemy wszystkie jednostki pojemności elektrycznej.

Podstawową jednostką pojemności jest **farad** oznaczany — F. Mniejszymi jednostkami są:

1 μF (mikrofarad) = 0,000 001 F (farada),

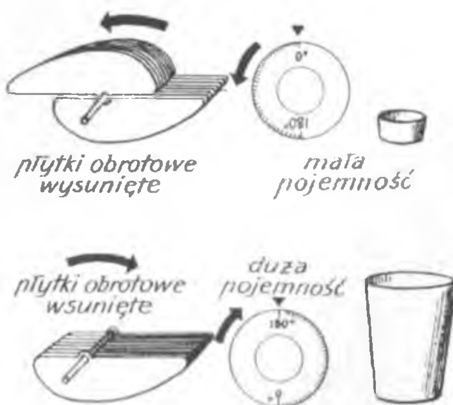
1 nF (nanofarad) = 0,000 000 001 F (farada) = 1000 pF,

1 pF (pikofarad) = 1 $\mu\mu$F (milimikrofarad) = 0,000 000 000 001 F (farada) = 0,9 cm. Z tego wynika, że 1 F (farad) = 1 000 000 μF = = 1 000 000 000 nF = 1 000 000 000 000 pF.

Kto ma odbiornik radiowy i zaglądał już do wnętrza skrzynki, ten na pewno zauważył pośród wielu części składowych aparatu **kondensator obrotowy.** Pojemność takiego kondensatora można zmieniać pokręcaniem gałki strojeniowej, umieszczonej na osi obracającej grupę płytek ruchomych.



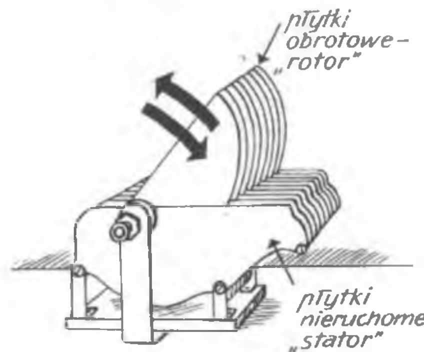
Gdy grupa płytek ruchomych (obrotowych) wsunie się całkowicie w grupę płytek stałych (nieruchomych), wówczas pojemność kondensatora jest największa.



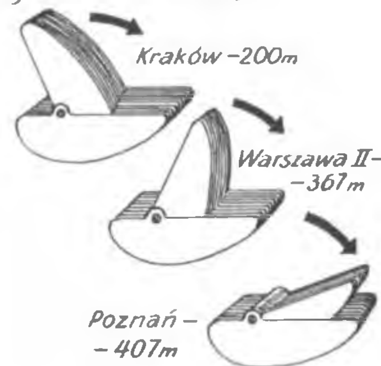
Odwrotnie, najmniejsza pojemność kondensatora zachodzi przy

wysuniętej na zewnątrz grupie płytek ruchomych.

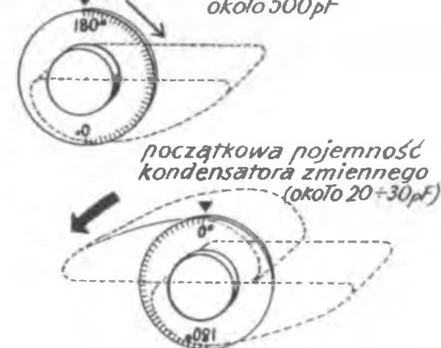
Zespół płytek **ruchomych** nazywamy **rotorem**, natomiast **nieruchomych — statorem.**



W celu dostrojenia aparatu radiowego do odbioru dłuższej fali, płytki grupy ruchomej należy wsunąć głębiej niż przy odbiorze fali krótszej. Tę zależność wyjaśniają zamieszczone rysunki.



Całkowita pojemność (przy wsuniętych płytkach ruchomych) kondensatora obrotowego, znajdującego się w każdym odbiorniku, wynosi przeważnie **około 500 pF.** Przy całkowicie wysuniętych płytkach pojemność kondensatora, wbrew przypuszczeniu, nie może osiągnąć wartości = 0. Zależnie od konstrukcji kondensatora, **pojemność początkowa** waha się od 20 do 30 pF, zawsze bowiem występuje wzajemne oddziaływanie między obu zespołami płytek.

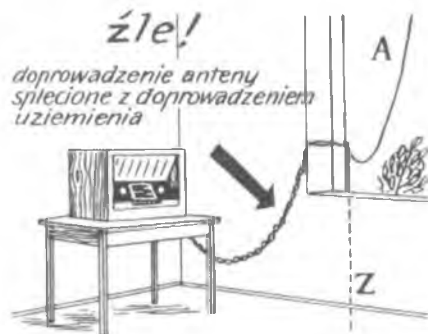


W praktyce najczęściej spotyka się 2 lub 3 kondensatory zmienne, umocowane na wspólnej osi; tworzą one tzw. **agregat kondensatorowy.** Każdy z tych kondensatorów służy do strojenia odpowiedniego obwodu w aparacie radiowym, przy czym obracane są one wszystkie jednocześnie.

Podobnie jak dwie metalowe płytki ustawione blisko naprzeciw siebie, tak i dwa druty, poprowadzone równolegle w małej odległości od siebie, stanowią również kondensator. Pojemność takiego kondensatora jest tym większa, im bardziej druty te zbliżone są do siebie, np. w splecionych i płaskich „sznurach" oświetleniowych.

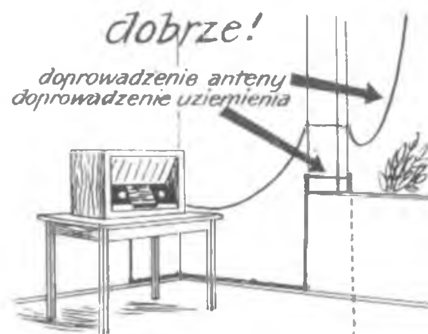
Jak już wiemy, prąd zmienny może przepływać przez kondensator i to tym bardziej, im większa jest

częstotliwość tego prądu. Prądy powstające w każdej antenie odbiorczej, w wyniku oddziaływania na nią fal radiowych, są również prądami zmiennymi o bardzo dużej częstotliwości.



druty izolowane

Z tego też względu **nie należy** w żadnym przypadku **przeplatać przewodu antenowego** z przewodem **uziemiającym**, znaczna bowiem część „prądów antenowych" spłynęłaby do ziemi poprzez pojemność tak utworzonego kondensatora i odbiór radiowy straciłby na sile.



druty izolowane

I jeszcze parę słów dla ciekawych. Jak już wiecie, prąd stały przepływa przez kondensator tylko w momencie włączenia prądu, do chwili całkowitego jego naładowania; później już nie przepływa. Możemy więc powiedzieć, że po naładowaniu kondensator dla prądu stałego stanowi oporność nieskończenie wielką (chyba że jest on uszkodzony, ma tzw. „upływność", wtedy prąd stały może płynąć).

Wiecie również, że prąd zmienny przepływa przez kondensator, a przepływ jego będzie tym większy, im pojemność kondensatora C będzie większa oraz im większa będzie częstotliwość f (ilość zmian) tego prądu. A więc oporność kondensatora dla przepływu prądu zmiennego, którą nazywamy, w odróżnieniu od „oporności czynnej", **opornością bierną pojemnościową** i oznaczamy X_c, jest tym mniejsza, im pojemność C i częstotliwość tego prądu f są większe — i odwrotnie. Możemy więc napisać wzór na oporność bierną pojemnościową X_c, jaką stawia kondensator dla przepływu prądu zmiennego:

$$X_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \text{ omów,}$$

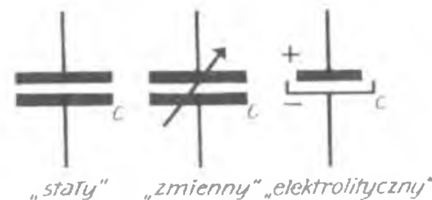
$$\text{czyli } X_c = \frac{1}{6{,}28 \cdot f \cdot C} \text{ omów,}$$

przy czym: f — częstotliwość prądu w hercach (Hz),
C — pojemność kondensatora w faradach (F).

W głębsze rozważania nie będziemy się wdawać, gdyż są one zbyt skomplikowane; wystarczy, abyście zapamiętali tylko to, co Wam do tej pory powiedziałem.

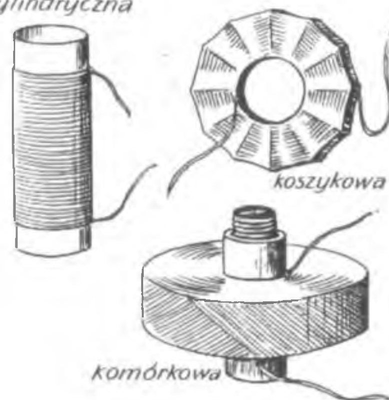
Kondensator, bez względu na wartość jego pojemności, oznaczamy w piśmie literą C (tak samo jak pojemność elektryczną), schematycznie zaś przedstawiamy tak, jak widzicie na rysunku.

Symbole kondensatorów



18. Cewki i dławiki

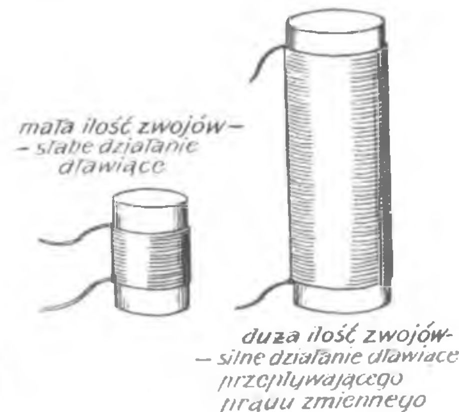
Powróćmy jeszcze do cewek i dławików, które — tak jak kondensatory — mają olbrzymie znaczenie w układach odbiorników radiowych i telewizyjnych.



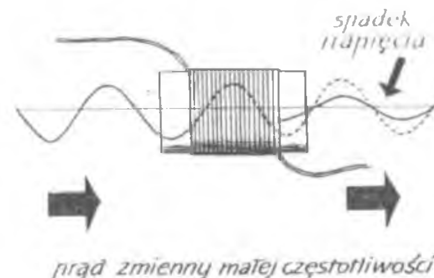
Omówimy teraz wpływ, jaki może wywierać cewka na przepływ przez nią prądu stałego i zmiennego.

Każda cewka przewodzi prąd stały. Oporność elektryczna, jaką stawia ona przepływającemu **prądowi stałemu,** wynosi tyle, ile wynosi oporność drutu nawiniętego na tę cewkę. Jest to tzw. **„oporność czynna"**.

Wartość oporności cewki dla prądu zmiennego (działanie powstrzymujące przepływ prądu zmiennego) zależy głównie od tzw. jej indukcyjności, a więc: ilości zwojów, sposobu nawinięcia, średnicy cewki, długości cewki, a także obecności rdzenia ferromagnetycznego. Wartość oporności cewki zależy także od częstotliwości prądu zmiennego f.



Prąd zmienny o małej częstotliwości (kilkadziesiąt herców) może przepływać przez pewną cewkę z nieznacznym tylko osłabieniem.

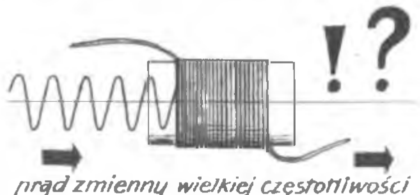


prąd zmienny małej częstotliwości

Dla prądu zmiennego średniej częstotliwości (najwyższe częstotli-

wości w zakresie akustycznym) cewka taka przedstawia już znacznie większą oporność.





Oporność tej samej cewki dla prądu zmiennego „wielkiej częstotliwości" jest bardzo duża.

W pewnych przypadkach cewka może stanowić dla prądu zmiennego nieskończenie wielką oporność.

Jeżeli prąd zmienny przepływa przez cewkę, to po dowinięciu na niej odpowiednio dużej liczby zwojów może nawet nastąpić zahamowanie przepływu prądu, gdyż wówczas znacznie zwiększy się jej indukcyjność L, a to wpłynie na zwiększenie jej oporności.

Panie Profesorze — wtrącił znów niepoprawny Wojtuś. — Jeżeli oporność, jaką stawia cewka dla przepływu prądu zmiennego, jest tym większa, im większa jest jej „indukcyjność" i częstotliwość przepływającego prądu, to chyba ta oporność ma znów jakąś inną nazwę niż poprzednie dwie oporności. Do tej pory poznaliśmy „oporność czynną" dla przepływu prądu stałego przez jakiś opornik lub przewód oraz „oporność bierną pojemnościową", jaką stawia kondensator dla przepływu prądu zmiennego o pewnej częstotliwości.

Wiemy, że prąd stały nie przepływa przez kondensator, chyba że jest on uszkodzony. Tym bardziej chyba dla omawianej oporności musi być jakaś inna nazwa, bo ta nowa „indukcyjna" oporność zależy akurat wręcz odwrotnie od częstotliwości, niż to ma miejsce w oporności biernej pojemnościowej kondensatora. Tutaj oporność ta ze wzrostem częstotliwości rośnie, tam — maleje.

To jedno pytanie. Drugie to z „innej beczki" — Panie Profesorze. Przez kondensator prąd stały nie płynie. Zrozumiałe więc, że przepływającemu prądowi zmiennemu staje na drodze tylko oporność bierna pojemnościowa tego kondensatora. Ale jak jest z cewką? Prąd zmienny przy przepływie przez cewkę musi pokonać oporność zależną od swojej częstotliwości i indukcyjności cewki. Zgoda. Lecz czy oporność czynna, jaką stawia drut nawinięty na tę cewkę, nie liczy się? Myślę, że chyba to powinno być brane również pod uwagę, a jeżeli tak — to w jaki sposób?

Drogi Wojtusiu — odpowiedział pan profesor. — Szybko i logicznie myślisz. Naturalnie. Oporność cewki dla przepływu prądu zmiennego jest inna niż poznane już przez was oporności. Zależy ona „wprost" od częstotliwości f zmiennego prądu, przepływającego przez cewkę, i wartości jej indukcyjności L; oznaczamy ją literą X_L. Nazywamy ją **opornością bierną indukcyjną**, a wartość jej możemy obliczyć ze wzoru:

$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$ omów,

czyli $X_L = 6{,}28 \cdot f \cdot L$, gdzie

f — jest częstotliwością prądu w hercach (Hz), a

L — indukcyjnością w podstawowych jednostkach, tzw. henrach (H) (o nich będziemy za chwilę mówić).

Słusznie zauważyłeś również, że prąd zmienny przepływający przez cewkę musi zawsze pokonać zarówno oporność bierną indukcyjną X_L, zależną od częstotliwości prądu i wartości indukcyjności cewki, jak i oporność czynną R, zależną tylko od średnicy i długości drutu oraz od materiału, z którego ten drut został wykonany.

Ciekawe jest, że oporności te nie dodają się wprost (arytmetycznie), lecz według wzoru Pitagorasa, ale dlaczego tak jest, nie będę Wam tłumaczył, gdyż jest to zbyt skomplikowane. Możecie sobie zapamiętać tylko to, że prąd zmienny płynący przez cewkę musi, ogólnie biorąc, pokonać „wypadkową" tzw. **oporność zespoloną**, oznaczaną literą — Z, którą można obliczyć ze wzoru:

$Z = \sqrt{R^2 + X^2_L}$ ..... omów, gdzie:

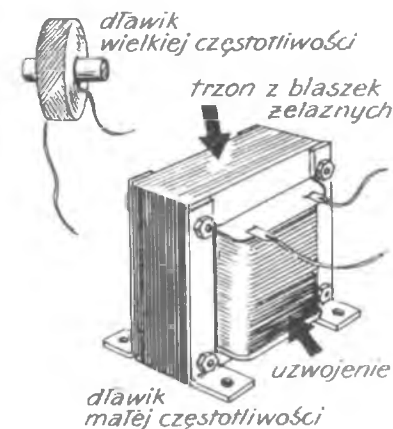
R — oporność czynna danej cewki (jak dla prądu stałego),

X_L — oporność bierna indukcyjna danej cewki (dla prądu zmiennego o częstotliwości — f).

Naturalnie, oporność czynna R pogarsza „dobroć" cewki, gdyż wpływa ona na straty energii w postaci ciepła. Dlatego też cewki wykonujemy z drutu możliwie grubego oraz często „licą", aby straty te możliwie zmniejszyć przez zmniejszenie oporności czynnej R.

No, ale na tym koniec ze zbytnim wgłębianiem się w teorię. Przejdźmy teraz do ogólnego omówienia cewek i dławików. To Wam na razie wystarczy.

Cewki przeznaczone do ograniczenia przepływu prądu zmiennego pewnych częstotliwości nazywają się **dławikami**. Gdy cewka ma powstrzymywać prądy zmienne o wielkiej częstotliwości, wówczas nosi nazwę **dławika wielkiej częstotliwości**. Dławiki w. cz. nie mają wewnątrz rdzenia żelaznego, a jeśli go mają, jest to rdzeń ze sprasowanego pyłku żelaza w połączeniu z masą izolacyjną, która go spaja. Rdzeń taki nazywamy popularnie „ferrytowym". Podnosi on skuteczność działania dławika lub cewki przy powstających w niej bardzo małych stratach.



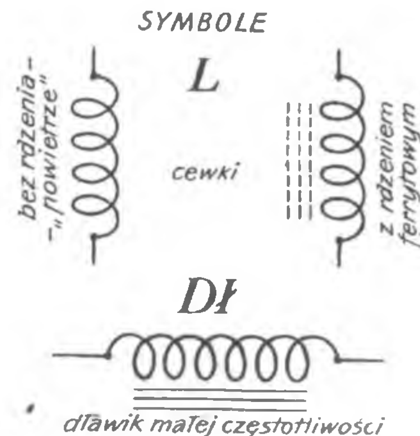
Do ograniczenia przepływu prądu zmiennego **małej częstotliwości** dławik musi mieć **rdzeń żelazny**, złożony z pakietu izolowanych od siebie blach żelaznych. Potęguje on działanie dławiące.

Dzięki opisanym właściwościom dławików walka z prądami zakłócającymi odbiór audycji radiofonicznych jest znacznie ułatwiona.

Zakłócające prądy „pasożytnicze" mogą być wywołane iskrzeniem różnych przyrządów elektrycznych. Na przykład suszarka elektryczna do włosów wytwarza silne prądy pasożytnicze, które przedostają się do sieci oświetleniowej, wywołując w



głośniku odbiornika silne trzaski i szmery. Prądy zakłócające są najczęściej prądami wielkiej częstotliwości.



O sposobach zabezpieczenia przed tego rodzaju zakłóceniami w odbiorze radiowym jeszcze będziemy później mówić.

Cewkę (indukcyjność) oznaczamy w piśmie literą L, dławik — *DŁ*.

Jednostką indukcyjności (wielkości elektrycznej) jest **henr**; oznaczamy ją literą H.



Mniejszą jednostką jest **milihenr**, który oznaczamy — mH.; milihenr jest tysiąc razy mniejszy niż 1 henr. Jeszcze mniejszą jednostką jest mikrohenr, który oznaczamy μH; **mikrohenr** jest milion razy mniejszy niż 1 henr, a zatem:

1 mH (milihenr) = 0,001 H (henra),
1 μH (mikrohenr) = 0,000001 H (henra).

19. Równoległe i szeregowe łączenie oporników, cewek i kondensatorów

Panie Profesorze — rzekł Wojtuś — w praktyce często się zdarza, sam zresztą widziałem w rozmaitych schematach odbiorników radiowych, że różne oporniki, cewki i kondensatory łączone są szeregowo lub równolegle w jakimś obwodzie elektrycznym. Jaka jest wtedy wypadkowa wartość ich oporności, indukcyjności lub pojemności?

Myślę, że w praktyce znajomość tego może nam się przydać. A może by Pan Profesor w skrócie nam to objaśnił?

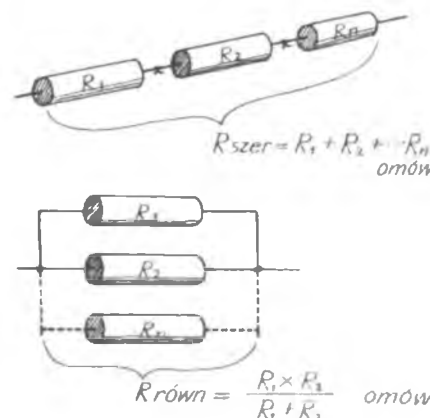
Dobrze, Wojtusiu — zgodził się pan profesor. — A więc uważaj.

Tak prąd stały, jak i prąd zmienny, przepływając przez łączone ze sobą oporniki, musi pokonać odpowiednią wypadkową oporność, której wartość zależy od sposobu łączenia i wartości poszczególnych oporników.

Wobec tego możemy powiedzieć, że **przy szeregowym łączeniu oporników (R_1, R_2, R_3 + ... + R_n) wypadkowa oporność równać się będzie sumie wszystkich oporności.**

$$R_{wyp.\ szer.} = R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n$$

omów.



Przy równoległym łączeniu (np. R_1 i R_2) **oporników wypadkową oporność można obliczyć ze wzoru:**

$$R_{wyp.\ rown.} = \frac{R \cdot R}{R_1 + R_2} \text{ omów.}$$

Nie będę Wam wyjaśniać, dlaczego tak jest, gdyż to wymagałoby całego rozumowania wraz z wyprowadzeniem wzoru; dlatego też przy połączeniu równoległym wziąłem pod uwagę tylko dwa oporniki (R_1 oraz R_2).

Przy szeregowym połączeniu cewek (L_1, L_2, L_3 + ... + L_n) **wartość wypadkowej indukcyjności równa się** również **sumie indukcyjności poszczególnych cewek:**

$$L_{wyp.\ szer.} = L_1 + L_2 + L_3 + ... + L_n.$$

Przy równoległym łączeniu cewek (podobnie jak przy równoległym łączeniu oporników) wypadkową indukcyjność **można obliczyć ze wzoru:**

$$L_{wyp.\ równ.} = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}.$$

Z kondensatorami sprawa przedstawia się akurat odwrotnie.

Przy łączeniu szeregowym kondensatorów (dla uproszczenia przyjmijmy tylko dwa o pojemnościach C_1 i C_2) **wypadkową pojemność można obliczyć ze wzoru:**

$$C_{wyp.\ szer.} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}.$$

Natomiast, **przy łączeniu równoległym kondensatorów** (C_1, C_2, C_3 + .. + C_n) **wypadkowa pojemność równać się będzie sumie pojemności poszczególnych kondensatorów:**

$$C_{wyp.\ równ.} = C_1 + C_2 + C_3 + ... + C_n.$$

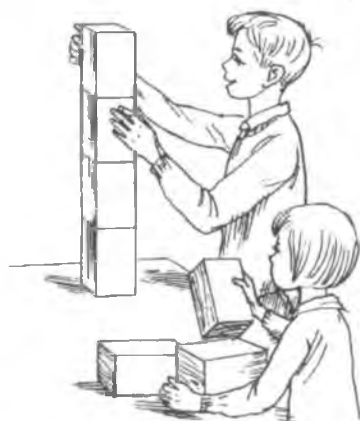
Zapamiętajcie sobie te wzory, mogą się one przydać. Jednocześnie musicie pamiętać, że przy przeprowadzaniu obliczania wszystkie „składowe" wartości oporności oporników, indukcyjności cewek czy pojemności kondensatorów zawsze należy brać **w tych samych jednostkach**. Nie

można mieszać jednostek. Obliczona wypadkowa wartość będzie wówczas miała takie same jednostki, jakie zastosowaliśmy do wzoru.

20. Transformatory i ich działanie

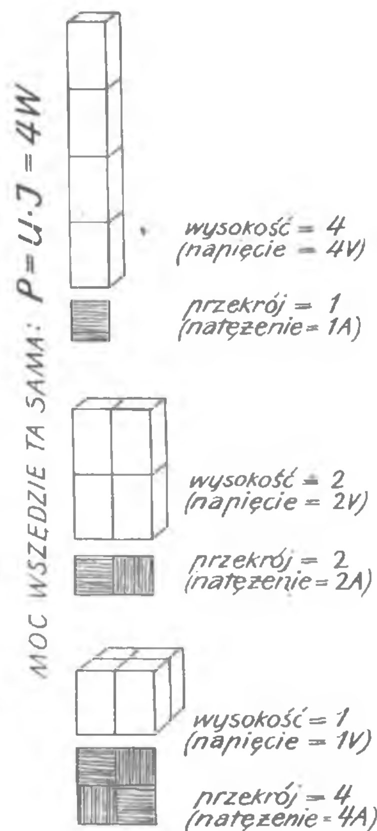
Aby łatwo można było zrozumieć zasadę działania transformatorów, należy rozpatrzyć szereg zjawisk i porównań. Poprzednio, napięcie elektryczne porównywane było do spadku (różnicy poziomów) wody, natomiast natężenie prądu elekrycznego — do prądu wody bieżącej. Zamieszczone przykłady wprowadzają szereg nowych pojęć.

Chłopiec ustawia wieżę z czterech równych klocków.



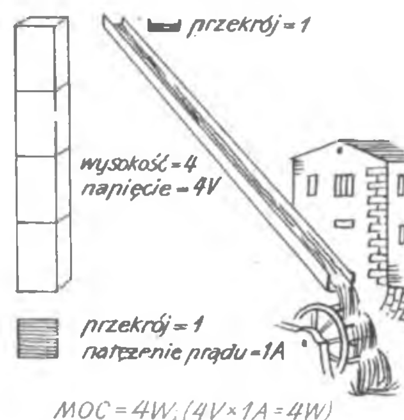
Z tych samych klocków można ustawić dwie wieże, lecz o połowę niższe. Można również z obu wież utworzyć jedną, lecz wtedy będzie ona o połowę niższa od pierwszej i dwa razy grubsza.

Wysokość wieży porównajmy z napięciem elektrycznym, jej zaś grubość — z natężeniem prądu elektrycznego. W pierwszym przypadku wysokość wieży wyrazi się liczbą 4, a przekrój liczbą 1. Następna wieża ma wysokość i przekrój równy 2.

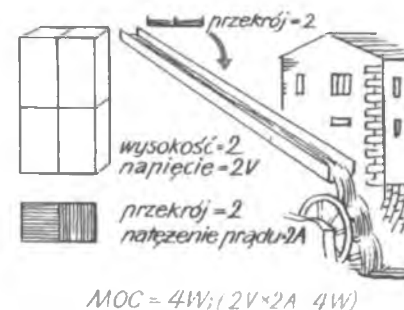


Wreszcie z czterech klocków można ustawić jedną wieżę, której wysokość będzie równa 1, a przekrój 4. W każdym przypadku iloczyn wysokości przez przekrój wieży jest równy 4.

Oto inne porównanie. Woda spływa wąską rynną na koło wodne młyna i porusza je. Wysokość spadku wody można oznaczyć liczbą 4, a natężenie prądu wodnego przepływającego przez koło wodne (turbinę), liczbą 1. Moc wówczas wyrazi się iloczynem spadku i natężenia prądu: 4 × 1 = 4.



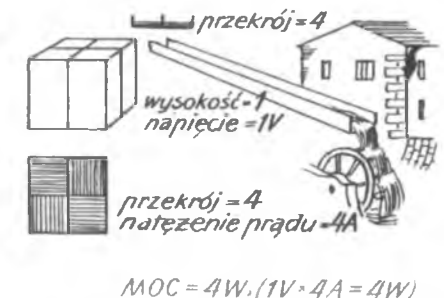
Jeżeli nie jedno, lecz dwa koła wodne (turbiny) pracują przy spadku wodnym równym 2 i natężeniu prądu wodnego 1, moc każdej turbiny wynosi 2 × 1 = 2, a obu razem znów 4.



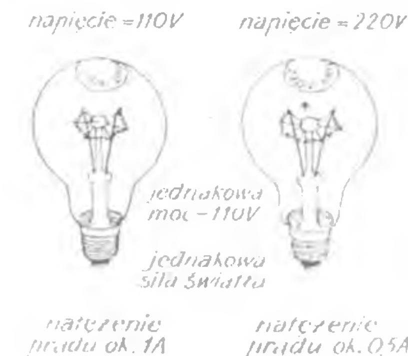
Obie turbiny można zastąpić jedną przy spadku i natężeniu prądu wodnego równym 2. Moc tej turbiny wyrazi się również liczbą 4, gdyż 2 × 2 = 4.

Moc równą 4 możemy również rozdzielić na 4 turbiny, z których każda pracuje przy spadku i natężeniu prądu wodnego równych 1. Każda turbina ma moc 1, wszystkie razem — 4.

Stosując tylko jedną turbinę przy wysokości spadku wody = 1 należy powiększyć natężenie prądu wodnego czterokrotnie. Wówczas moc będzie także równa: 1 × 4 = 4.



Moc różnych urządzeń elektrycznych, żarówek oświetleniowych, maszyn itp. da się określić w podobny sposób. Wysokość spadku wodnego można uważać za napięcie elektryczne, natężenie prądu wodnego — za natężenie prądu elektrycznego, a turbiny — za przyrządy elektryczne. Jak już wiemy, moc przyrządów elektrycznych wyraża się iloczynem napięcia i natężenia prądu (dla prądu stałego).



Przypomnę wam, że **dla prądu stałego moc wyrażana w watach jest iloczynem napięcia i natężenia prądu. Dla prądu zmiennego iloczyn ten określa moc w tzw. „woltamperach"** (wolt × amper). Aby uzyskać ilość watów, należy ilość „woltamperów" pomnożyć przez pewien współczynnik równy od około 0,6 do około 0,8 nazywany „cosinusem fi" — cos φ. Współczynnik ten jest różny dla rozmaitych przyrządów i maszyn włączonych do sieci elektrycznej. Moc prądu stałego, wyrażona w watach, równa jest mocy prądu zmiennego, wyrażonej również w watach — tylko w tym przypadku, gdy odbiornik ma jedynie „oporność czynną", ponieważ wówczas cos $\varphi = 1$.

Spotykamy się z tym np. w razie zasilania prądem zmiennym żarówek elektrycznych, żelazek, kuchenek itp. grzejników, w których nie ma ani indukcyjności, ani pojemności — jest tylko oporność czynna („omowa").

Tak więc np. moc 8 W może powstać z napięcia 4 V i natężenia prądu 2 A lub z 8 V i 1 A, bądź z 80 V i 0,1 A itp.

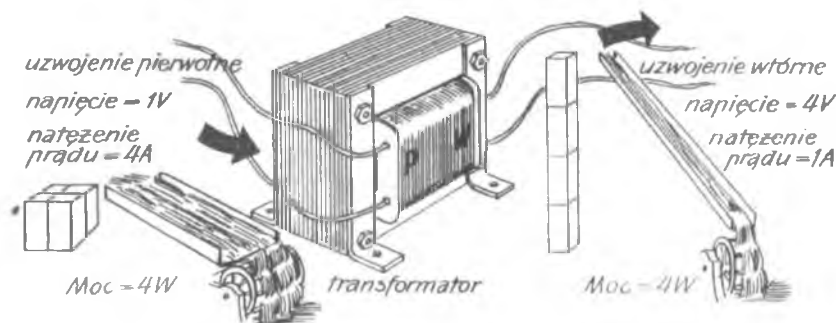
Najrozmaitsze zmiany w wysokości napięcia i związane z tym zmiany w natężeniu pobieranego prądu zmiennego, przy zachowaniu tej samej mocy, można otrzymać za pomocą specjalnych przyrządów elektrycznych nazywanych w elektrotechnice **transformatorami**.

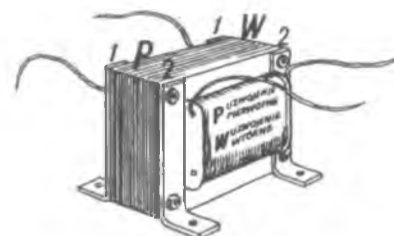
Poniżej zamieszczone przykłady mają na celu wyjaśnienie zasady działania transformatorów.

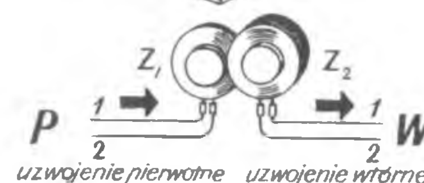
Stosując transformator odpowiedniej konstrukcji i na określoną moc można zmienić wysokość napięcia. **Ta część transformatora, do której doprowadza się prąd w celu jego przetworzenia, nazywa się stroną pierwotną. Strona wtórna** dostarcza prądu przetworzonego. Wysokość napięcia po stronie wtórnej zależy od tzw. **przekładni transformatora**. Wartość natężenia prądu, jakie możemy pobierać z wtórnego uzwojenia transformatora, tak aby nie przekroczyć jego mocy, również jest zależna od wysokości przetransformowanego napięcia. Zależności te za chwilę wyjaśnię.

Zamieszczony niżej rysunek przedstawia wygląd zewnętrzny jednego z transformatorów. Kształty transformatora mogą być różne, zależnie od jego wykonania i zastosowania.

Dwie cewki znajdujące się w bliskiej odległości od siebie stanowią również transformator. Cewka po lewej stronie, do której doprowadza się prąd zmienny, jest **uzwojeniem pierwotnym** (*P*), cewka zaś na prawo, dostarczająca przetworzonego napięcia i prądu, nazywa się **uzwojeniem wtórnym** (*W*).

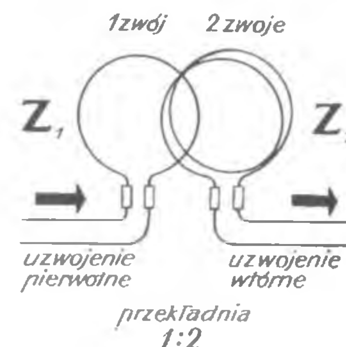






Indeksy przy literach *P* i *W* (np. P_1, P_2 oraz W_1, W_2) oznaczają początki i końce odpowiednich uzwojeń cewek transformatora.

W cewce „wtórnej", sprzężonej z „pierwotną", indukuje się odpowiedniej wysokości napięcie zmienne.

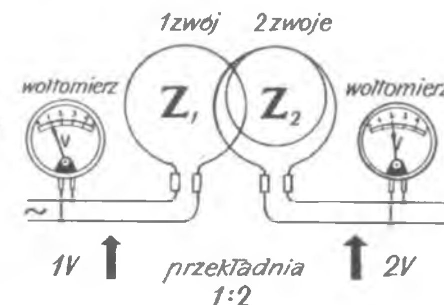


Na wyżej pokazanym rysunku uzwojenie pierwotne stanowi cewka jednozwojowa ($Z_1 = 1$), uzwojenie zaś wtórne — dwuzwojowa ($Z_2 = 2$).

Przekładnia takiego transformatora równa się stosunkowi ilości zwojów Z_1 uzwojenia pierwotnego (*P*) do ilości zwojów Z_2 uzwojenia wtórnego (*W*). W naszym przypadku wynosi ona jak 1 do 2, czyli:

$$n = \frac{Z_1}{Z_2} = 1 : 2.$$

Gdy do uzwojenia pierwotnego doprowadzone będzie napięcie zmienne, np. $U_1 = 1$ V, wówczas uzwojenie wtórne dostarczy napięcia $U_2 = 2$ V.



Dzieje się tak dlatego, że w uzwojeniu wtórnym znajduje się dwa razy więcej zwojów niż w uzwojeniu pierwotnym. Widzimy zatem, że **wysokość przetransformowanego napięcia zależy od stosunku ilości zwojów w uzwojeniu pierwotnym do ilości zwojów w uzwojeniu wtórnym**, a więc **zależy od przekładni transformatora n**.

Możemy więc napisać: $n = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{U_1}{U_2}$

Jeżeli końcówki tego wtórnego uzwojenia obciążymy, czyli połączymy np. odpowiednim opornikiem o takiej wartości, że w jego obwodzie popłynie prąd o natężeniu np. $I_2 = 0,5$ A, to w pierwotnym uzwojeniu będzie płynąć prąd o natężeniu $I_1 = 1$ A lub nieco więcej (ze względu na powstające straty energii w

każdym transformatorze). Moc obu uzwojeń jest jednakowa:

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2 = P.$$

W naszym przypadku:

$$1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 2 \text{ V} \cdot 0{,}5 \text{ A} = 1 \text{ W}.$$

Natężenie prądu zależy więc również odpowiednio od przekładni transformatora n.

Przyjmując, że **moc po stronie pierwotnej transformatora jest równa mocy po stronie wtórnej** (nie uwzględniając występujących strat), możemy napisać: moc transformatora — $(P) = U_1 \cdot I_1$ (po stronie pierwotnej) $= U_2 \cdot I_2$ (po stronie wtórnej), gdzie:

U_1, U_2 — napięcia w woltach,
I_1, I_2 — dopuszczalne natężenia prądów w amperach.

Z tego możemy wyprowadzić, że w przybliżeniu:
przekładnia transformatora

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}.$$

Ponieważ z drugiej strony wiemy, że przekładnia transformatora jest zależna od stosunku ilości zwojów uzwojenia pierwotnego (Z_1) do ilości zwojów uzwojenia wtórnego (Z_2), przeto:

$$n = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Widzimy więc, że o ile dla uzyskania mocy np. 1 W przy napięciu $U_1 = 1$ V natężenie prądu wynosi $I_1 = 1$ A, to po przetransformowaniu napięcia na $U_2 = 2$ V natężenie prądu musi wynosić $I_2 = 0{,}5$ A. W naszym przypadku przetransformowane napięcie dwukrotnie zostało podwyższone, a natężenie prądu dwukrotnie zmalało. Ogólnie można powiedzieć, że do przesłania tej samej mocy elektrycznej przy zastosowaniu transformatora tyle razy zmniejsza się natężenie prądu I_2, ile razy zwiększa się napięcie wtórne U_2 w stosunku do napięcia pierwotnego U_1 — i odwrotnie; zależy więc ono od odwrotności przekładni transformatora n.

Jest to zasadnicza zależność, z której możemy wyliczyć nieznane, a potrzebne wartości, mając wartości pozostałe.

Tak więc, jeżeli mamy np. dane ilości zwojów w uzwojeniu pierwotnym — Z_1 i wtórnym — Z_2 (a więc mamy daną „przekładnię") transformatora oraz doprowadzone do uzwojenia pierwotnego napięcie — U_1, to napięcie wzbudzane po stronie wtórnej transformatora będzie wówczas wynosić w przybliżeniu:

$$U_2 = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot U_1.$$

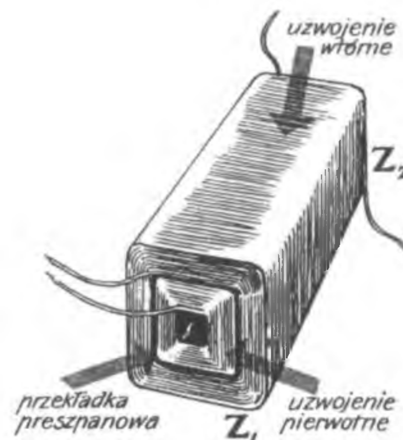
Podobnie można obliczyć potrzebne ilości zwojów itp. Dobrze, abyście ten wzór sobie zapamiętali; przyda się on Wam w praktyce.

Przekładnia innego transformatora wynosi np. — $n = 1 : 5$.

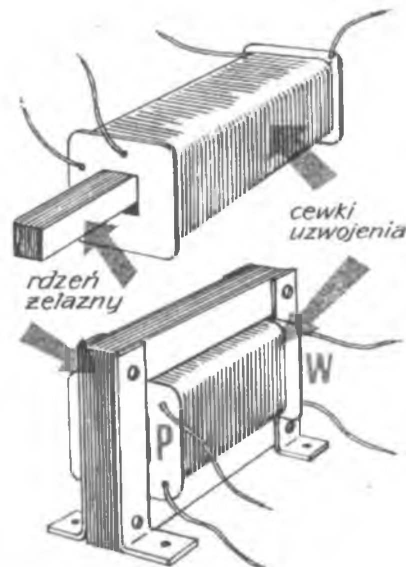
Przy tej przekładni ilość zwojów w uzwojeniu wtórnym jest 5 razy większa niż w uzwojeniu pierwotnym, a wzbudzone napięcie zmienne na końcach uzwojenia wtórnego będzie również 5 razy większe, niż wynosi napięcie doprowadzone do końców uzwojenia pierwotnego.

W każdym prawie transformatorze **uzwojenie wtórne jest nawinięte na uzwojeniu pierwotnym**.

W transformatorach stosowanych w energetyce, przy przetwarzaniu prądów zmiennych oraz w odbiornikach radiowych — do przetwarzania napięć o częstotliwościach akustycznych stosuje się rdzeń „żelazny". Składa się on z pasków blachy że-



laznej lub z cienkich ramek żelaznych, izolowanych z jednej strony szelakiem lub cienkim papierem.



Rdzenie transformatorów mogą mieć różne kształty. W transformatorach nowoczesnej konstrukcji rdzeń obejmuje uzwojenia.

W odbiornikach radiowych stosuje się kilka typów transformatorów, z których każdy ma inne zadanie.

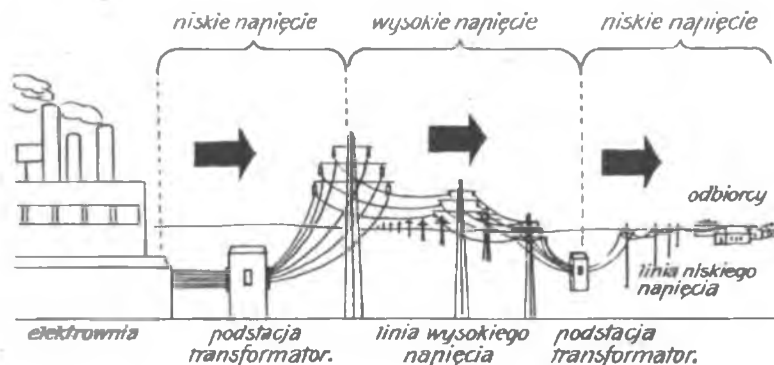
Transformatory mają bardzo szerokie zastosowanie. Zamieszczone dalej przykłady omawiają działanie transformatorów w tzw. „technice prądów silnych".

Prąd elektryczny potrzebny do oświetlania ulic i mieszkań oraz do zasilania silników i innych urządzeń dostarczany jest zwykle przez elektrownię miejską.

Prąd ten dostarczany jest do odbiorców bardzo długimi przewodami, zawieszonymi na wysokich słupach, bądź specjalnymi kablami, zakopanymi w ziemi i biegnącymi w różnych kierunkach. W wielu przypadkach odbiorniki energii elektrycznej wymagają bardzo silnego prądu (o dużym natężeniu). Przy małym napięciu, jakie zwykle ma sieć oświetleniowa (120 lub 220 V), przewody doprowadzające prąd elektryczny (o bardzo dużym natężeniu) musiałyby mieć wielki przekrój. (Pamiętacie? — Ze względu na straty energii na ciepło oraz powstające duże spadki napięć).

Niskie napięcie wytwarzane w elektrowni po doprowadzeniu do transformatora zamienia się na bardzo wysokie (np. 100 000 V), przy czym jednocześnie automatycznie następuje przemiana natężenia przesyłanego prądu z bardzo dużego na małe.

Energię elektryczną o bardzo wysokim napięciu i małym natężeniu można już przesyłać na duże odległości cienkimi przewodami. Ponowne obniżenie napięcia do 120 lub 220 V i zwiększenie natężenia prądu nastę-



puje dopiero w pobliżu odbiorników energii elektrycznej, również za pomocą innego transformatora.

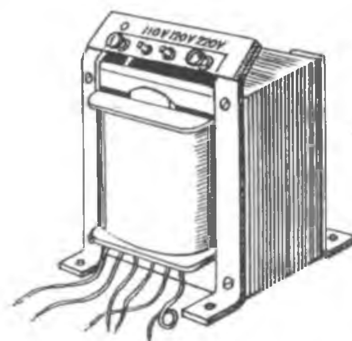
Przebieg tych przemian napięcia i natężenia odbywa się w następującej kolejności: 1) wytwarzanie niskiego napięcia przy dużym natężeniu w elektrowni, 2) przemiana za pomocą transformatora na wysokie napięcie i małe natężenie, 3) przesyłanie wysokiego napięcia cienkimi przewodami na duże odległości, 4) odwrotna przemiana napięcia na niskie i natężenia prądu na duże, przed dołączeniem go do przyrządów elektrycznych (żarówek, piecyków itp.).

W radiotechnice, a więc w technice „prądów słabych", transformatory mają również określone zadania, lecz ich działanie jest nieco odmienne.

Zasadniczo istnieją trzy typy transformatorów, znajdujących się prawie w każdym odbiorniku radiowym:

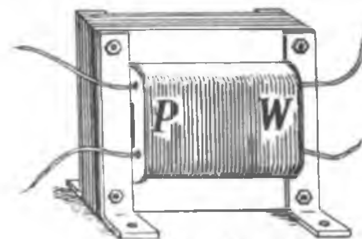
- — **transformatory wielkiej częstotliwości,**
- — **transformatory małej częstotliwości i**
- — **transformatory sieciowe.**

Na rysunku przedstawiony jest transformator sieciowy, który daje



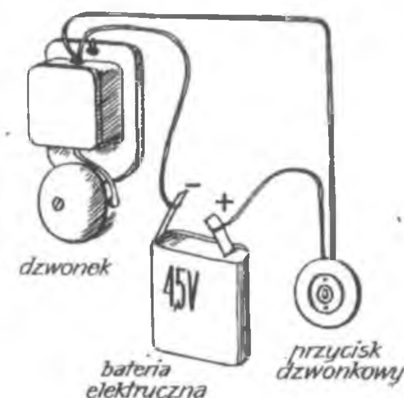
transformator sieciowy

po stronie wtórnej kilka różnych napięć zasilających, pobieranych z odpowiednich uzwojeń. Ma on rdzeń wykonany z izolowanych lakierem



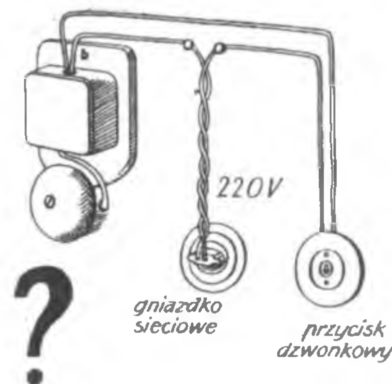
transformator małej częstotliwości

cienkich blaszek żelaznych (żelazo-krzemowa), a następnie — transformator małej częstotliwości.



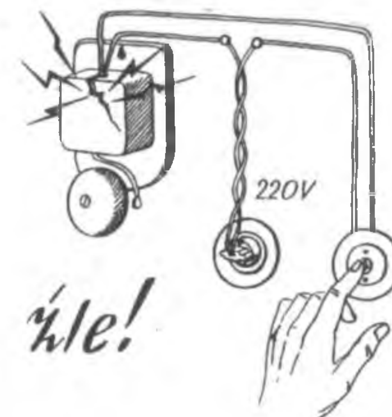
Elektryczną instalację dzwonkową można zasilać prądem o niskim napięciu.

Kto ma jednak w mieszkaniu oświetlenie elektryczne, ten może wykorzystać instalację elektryczną prądu zmiennego do zasilania dzwonków.



W takim przypadku zdawałoby się, że należy przyłączane do baterii końce drutów po prostu wetknąć do gniazda ściennego sieci.

Z chwilą naciśnięcia „guzika" przycisku dzwonkowego prąd z sieci przepłynie przez instalację dzwon-



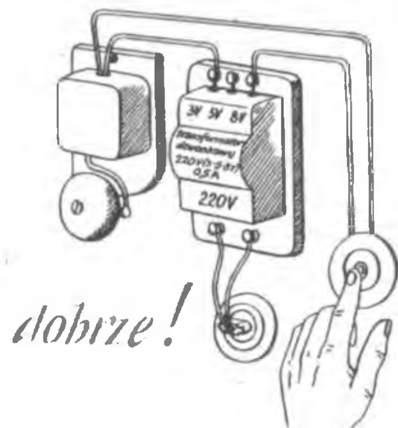
kową. Ponieważ jednak napięcie sieci oświetleniowej jest za wysokie w stosunku do potrzebnego, przeto uszkodzi ono dzwonek.



Dlatego też napięcie sieci należy zmniejszyć. Można to bardzo łatwo osiągnąć za pomocą **transformatora dzwonkowego.**

Oczywiście stosowanie transformatora dzwonkowego jest możliwe tylko wtedy, gdy sieć oświetleniowa dostarcza **prądu zmiennego.** Napięcie sieci z 220 V zostanie wówczas zredukowane, np. do 3 V, 5 V lub 8 V

zależnie od tego, które odczepy uzwojenia wtórnego włączy się do instalacji dzwonkowej.

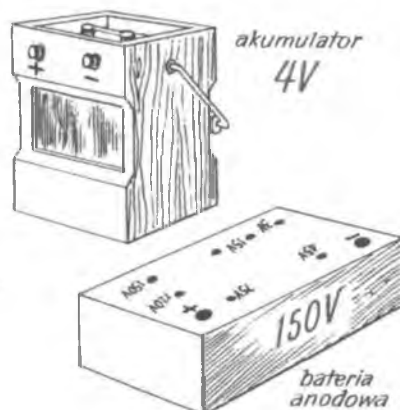


Podobnie w większości odbiorników sieciowych na prąd zmienny znajduje się również transformator. Uzwojenie wtórne takiego transformatora dostarcza niskiego napięcia do żarzenia lamp elektronowych o wartości 4 V, 6,3 V lub innego, zależnie od typu lamp stosowanych w aparacie radiowym.



Włókno lampy elektronowej włączonej bezpośrednio do sieci oświetleniowej, przepali się natychmiast.

Do odbiorników bateryjnych stosuje się zwykle dwa źródła prądu: baterię żarzeniową o niskim napięciu lub akumulator (np. 1,5; 2 lub 4 V) i baterię anodową o wysokim napięciu (ok. 150 V).

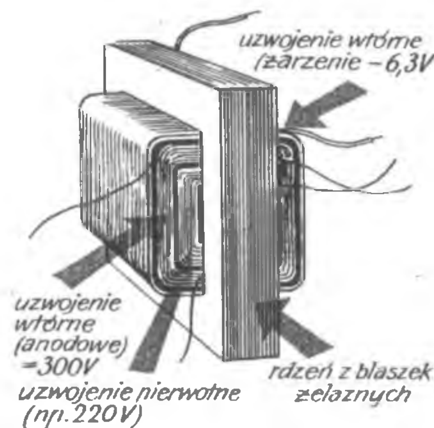


Do odbiorników sieciowych również potrzebne są dwa napięcia; jedno — niskie do żarzenia lamp elektronowych, drugie — wysokie do zasilania anod i siatek pomocniczych tych lamp.

Transformator może być również użyty do podwyższenia napięcia sieci. Na przykład otrzymane z uzwojenia wtórnego napięcie 300 V odpowiada pod względem wysokości napięcia trzem bateriom anodowym, każda po 100 V, lub dwóm bateriom po 150 V, połączonym szeregowo.

Naturalnie, napięcie 300 V, otrzymane z sieci, jest napięciem zmiennym, lecz po odpowiedniej „przeróbce", o której później będziemy mówić, zamienia się je na napięcie stałe.

Za pomocą jednego transformatora można również otrzymać dwa różne napięcia. Transformator taki ma wtedy dwa uzwojenia wtórne: o małej ilości zwojów dla napięcia np. 6,3 V i o bardzo dużej ilości zwojów dla napięcia 300 V.



Zamieszczony rysunek przedstawia transformator o dwóch uzwojeniach wtórnych. Rdzeń, dookoła którego nawinięte są wszystkie uzwojenia (pierwotne i oba wtórne), składa się z cienkich blaszek (ramek żelaznych), pomalowanych z jednej strony szelakiem lub lakierem w celu odizolowania jednej od drugiej.

W poprzednich rozważaniach była mowa o transformatorach sieciowych. Pozostaną jeszcze do omówienia **transformatory wielkiej i małej częstotliwości.**

Prawie każdy odbiornik bateryjny lub sieciowy posiada **transformatory wielkiej częstotliwości.** Nazywa się je często po prostu **cewkami** lub **zespołami cewkowymi.**

Na cylindrze tekturowym lub z masy izolacyjnej znajdują się obok siebie dwie cewki lub kilka cewek.

Transformator taki więc — to właściwie najczęściej dwie cewki sprzężone ze sobą. Do końcówek jednej z nich (uzw. pierw.) doprowadzone są napięcia tzw. wielkiej częstotliwości, uzyskiwane np. z obwodu antenowego, a na końcówkach drugiej cewki (uzw. wtórne) uzyskuje się napięcia o tej samej wielkiej częstotliwości, lecz o innej wartości, niż na cewce pierwszej.

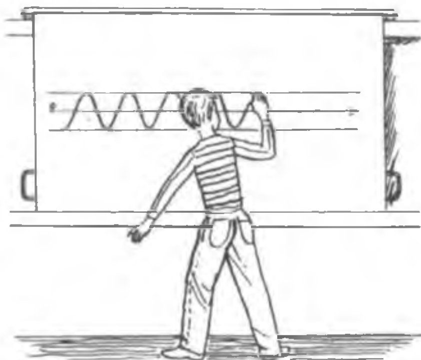


Niżej przedstawiony jest wygląd transformatora wielkiej (nie należy mówić „wysokiej") częstotliwości, znajdujący się w metalowym kubku. Transformator ten może być wykonany z rdzeniem spreparowanym ze sproszkowanego żelaza, czyli „ferrytowym", lub bez niego (a wtedy transformator taki nazywamy „powietrznym"). Kubek **ekranuje,** czyli **zabezpiecza** go przed wpływami szkodliwego, postronnego pola elektromagnetycznego. Działanie tego pola odbiłoby się niekorzystnie na pracy odbiornika.

Fale wypromieniowane przez radiostacje nadawcze, zanim dobiegną do anten odbiorczych, tracą po drodze wiele energii. Dlatego też napięcia wielkiej częstotliwości, wzbudzone w antenie odbiorczej, należy wzmocnić w odbiorniku lampowym. Do tego celu pomocne są między innymi i transformatory wielkiej częstotliwości.

Cewki transformatora w. cz. mogą być wykonane jako cylindryczne (jak dalej na rysunkach), koszykowe, komórkowe z rdzeniem ferrytowym lub bez niego.

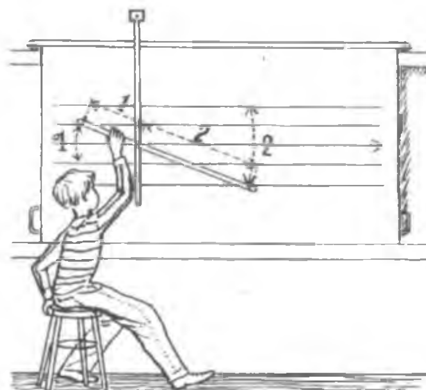
Dla lepszego zrozumienia działania transformatora rozpatrzmy jeszcze jedno porównanie.



Uczeń rysuje na tablicy małą linię falistą. Linię tę można powiększyć, czyli narysować w większej skali.

Najprostszy sposób powiększenia narysowanej linii falistej polega na użyciu **dźwigni** o różnej długości ramion, na której końcach po jednej stronie znajduje się ostrze, po drugiej zaś — ołówek lub kreda.

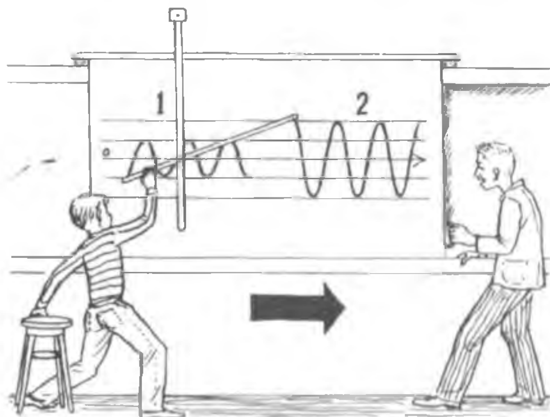
Gdy uczeń zrobi ostrzem mały ruch (małą kreskę), wówczas drugi, dłuższy koniec dźwigni, narysuje na tablicy znacznie większą kreskę.



Kreska ta jest tyle razy większa od kreski narysowanej przez ucznia, ile razy dłuższe ramię dźwigni jest większe od krótszego.

Jeżeli kolega jego pociąga tablicę, wówczas lewe, krótsze ramię dźwigni kreśli małą linię falistą, natomiast prawe, dłuższe rysuje taką samą linię falistą, lecz w większej skali.

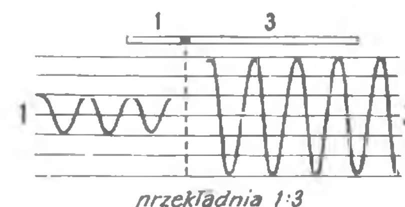
Za pomocą dźwigni można zatem małą linię falistą powiększyć,



czyli jakby „przetransformować" dowolną ilość razy.

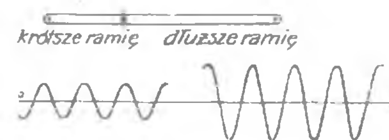


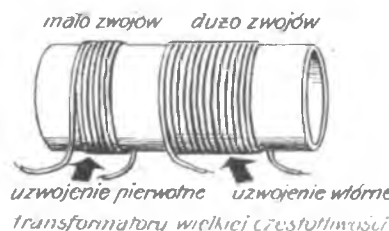
przekładnia 1:2



przekładnia 1:3

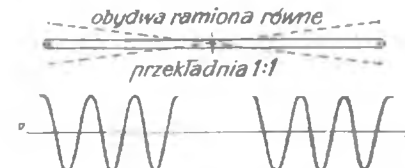
Opisaną dźwignię można porównać z transformatorem. W naszym przykładzie krótkie ramię dźwigni odpowiada małej ilości zwojów uzwojenia pierwotnego, długie zaś — dużej ilości zwojów wtórnego uzwojenia transformatora.

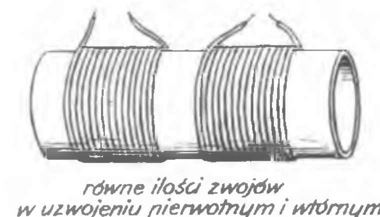




transformatory wielkiej częstotliwości

Można również obrać punkt obrotu w takim miejscu dźwigni, że długość obu ramion będzie równa sobie (a wtedy przekładnia równa się 1 : 1). Oba jej końce kreślą jednakowej wysokości linie faliste.





równe ilości zwojów w uzwojeniu pierwotnym i wtórnym

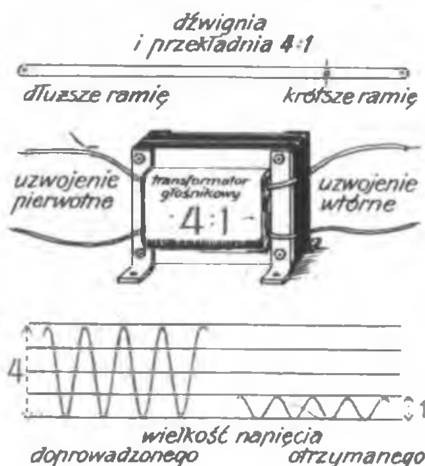
W transformatorach odpowiada to jednakowej ilości zwojów w obu uzwojeniach (cewkach): $Z_1 = Z_2$.

Transformatory małej częstotliwości różnią się od transformatorów wielkiej częstotliwości tym, że mają znacznie większą ilość zwojów nawiniętych na rdzeniu składającym się z pakietu cienkich blaszek żelaznych (izolowanych lakierem lub bibułą z jednej strony), podczas gdy transformatory wielkiej częstotliwości mają uzwojenia (cewki) nawinięte bez rdzenia lub z rdzeniem ferrytowym.

Przekładnie transformatorów małej częstotliwości najczęściej stosuje się następujące: 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5, 1 : 6 lub — jak bywa w transformatorach umieszczonych przy głośnikach dynamicznych — 35 : 1, 40 : 1 itp. (te ostatnie są transformatorami małej częstotliwości, zniżającymi napięcie).

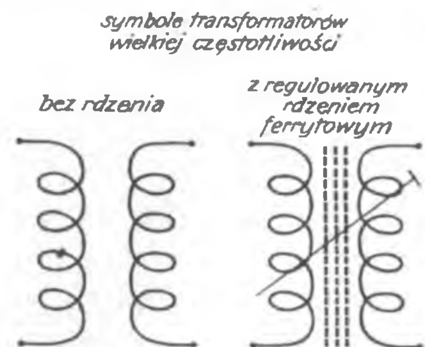
Jak widzimy, takie transformatory, które zniżają napięcie, mają przekładnię odwrotną, np. 4 : 1. Po

stronie pierwotnej występują duże napięcia, po wtórnej zaś — znacznie mniejsze, zależnie od przekładni transformatora. W takim przypadku

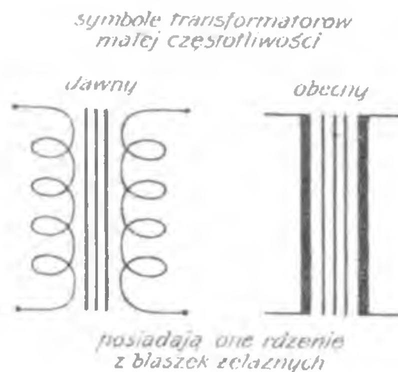


napięcie na uzwojeniu wtórnym **zmniejsza się**, lecz za to **powiększa się natężenie prądu** (w tym samym stosunku), które można z niego pobrać.

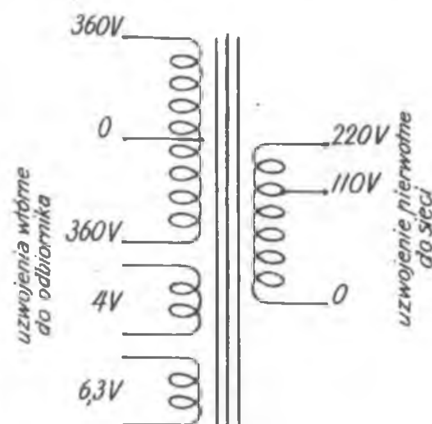
Podobnie przekładnia, np. 1 : 2, daje napięcie po stronie wtórnej dwukrotnie wyższe od napięcia po stronie pierwotnej, natomiast natężenie prądu, które możemy pobrać, zmaleje dwukrotnie.



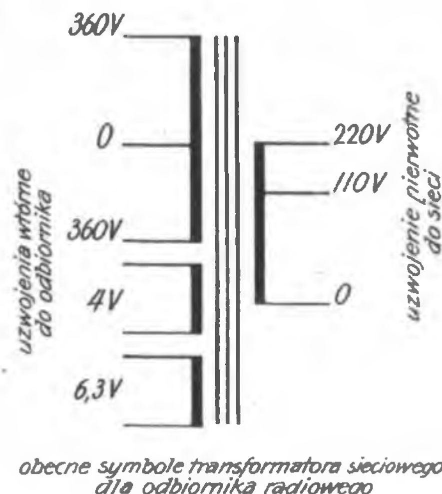
W schematach (rysunkach) transformatory wielkiej częstotliwości oraz transformatory małej częstotliwości oznaczamy tak, jak widzicie na rysunku.



Dla orientacji podany jest również schematyczny rysunek jednego z transformatorów sieciowych, zasilających odbiornik radiowy za pomocą prądu zmiennego. Uzwojenie pierwotne (sieciowe) ma odczep na podłączenie sieci, które ma napięcie



dawne symbole transformatora sieciowego dla odbiornika radiowego



obecne symbole transformatora sieciowego dla odbiornika radiowego

110 V. Uzwojenia wtórne są przeznaczone: do zasilania żarzenia lampy prostowniczej (4 V), do zasilania lamp odbiorczych (6,3 V) oraz do uzyskania (po „wyprostowaniu") napięć anodowych (2 X 360 V). To ostatnie uzwojenie ma tyle zwojów, ile powinno być na napięcie 720 V z odgałęzieniem w środku uzwojenia, co daje nam w rezultacie dwa razy po 360 V, licząc od środka uzwojenia.

Po zapoznaniu Was z najważniejszymi zjawiskami z dziedziny elektryczności przejdziemy do omawiania zagadnień związanych z radiotechniką.

II. RADIOTECHNIKA

1. Mikrofon

Mikrofon jest jak gdyby „uchem elektrycznym", przetwarzającym fale dźwiękowe na odpowiadające im drgania elektryczne.

Zamieszczone przykłady wyjaśniają sposób działania najprostszego mikrofonu.



Mówiący, śpiewający lub grający na jakimś instrumencie wytwarza w otaczającej nas przestrzeni (powietrzu) **fale dźwiękowe,** zwane również **akustycznymi.**

Wysokie tony śpiewu lub muzyki odpowiadają falom głosowym innego rodzaju niż tony niskie.

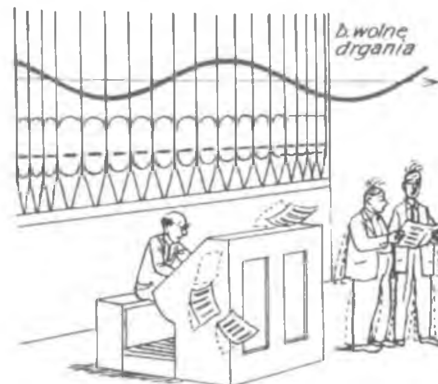
Bardzo niskie drgania powietrza, spowodowane np. przez basy organowe, wywołują nawet współdrgania części ciała.







Podobnie drga cienka membrana (błona) napięta na ramce i zawieszona w odpowiedni sposób. Może ona reagować nawet na fale dźwiękowe i zamieniać je na własne drgania mechaniczne.





Membrana taka drga czasami bardzo prędko (z dużą częstotliwością), to znów bardzo wolno (z małą częstotliwością), zależnie od wysokości tonu.

Im wyższy ton, tym drgania membrany są szybsze; im ton jest głośniejszy, tym wychylenia membrany są większe.



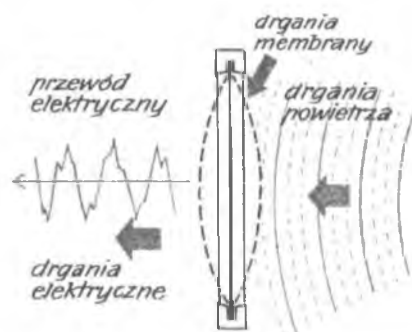
Podobna membrana znajduje się w każdym mikrofonie, bez względu na jego typ i sposób wykonania.



Mechaniczne jej drgania są zgodne z rytmem mowy, muzyki lub śpiewu.

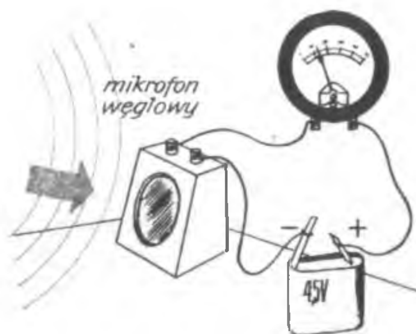
Za pomocą membrany można więc przetworzyć fale dźwiękowe (drgania powietrza) w drgania mechaniczne (drgania membrany). Z kolei te drgania mechaniczne, odpowiada-

jące drganiom fal dźwiękowych, należy przekształcić w odpowiadające im drgania elektryczne, które można już przesłać po drutach (przewodach) na większą odległość. Do tego celu właśnie służy **mikrofon**.

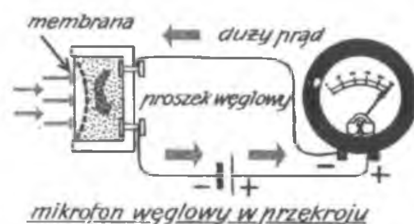


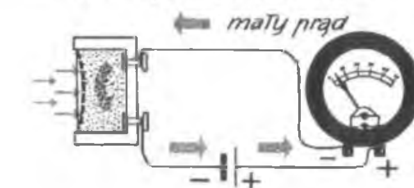
Najprostszy mikrofon składa się z pudełka wypełnionego proszkiem węglowym i baterii doprowadzającej prąd do dwóch metalowych elektrod, znajdujących się w tym proszku. Cienka membrana lekko dotyka proszku węglowego.

Jest to tzw. **mikrofon węglowy**.



Pod wpływem fal dźwiękowych membrana drga i wywiera nacisk na proszek węglowy. Częstość i wartość tego nacisku zmienia się wraz z częstotliwością drgań membrany, a więc — wraz z wysokością dźwięków oraz z ich siłą (głośnością). Prąd elektryczny z baterii ma wtedy łatwą drogę do przebycia dzięki dużej przewodności proszku węglowego. Przewodność ta zmienia się w zależności od nacisku membrany na proszek węglowy. Im nacisk ten jest większy, tym przewodność proszku węglowego jest większa i płynie większy prąd elektryczny.





Gdy dźwięki są słabe, wówczas i nacisk membrany na proszek węglowy jest nieznaczny. Większe rozluźnienie proszku węglowego stwarza trudniejsze warunki dla przepływu prądu (mniejsza jest przewodność proszku, a więc większa jest jego oporność elektryczna). Natężenie prądu płynącego przez mikrofon zmienia się więc w rytmie dźwięków mowy lub muzyki.

W ten sposób następuje przemiana fal dźwiękowych w drgania prądu elektrycznego.

Mówimy, że prąd taki jest modulowany, czyli że zmienia się (drga) jego wartość (amplituda) w takt drgań dźwięków mowy i muzyki odbieranych przez mikrofon.

W praktyce używa się mikrofonów wykonanych na podstawie różnych zasad działania: **węglowych**, **dynamicznych** (**„wstęgowych"** i **„cewkowych"**), **pojemnościowych** lub **krystalicznych**, tzw. piezoelektrycznych.

Mikrofony węglowe najczęściej wykonane są w bloku marmurowym (tzw. mikrofony Reissa). Wgłębienie w marmurze wypełnia odpowiedni proszek węglowy, przykryty naprężoną, cieniutką membraną. W proszku znajdują się dwie elektrody, między którymi przepływa prąd elektryczny o większym lub mniejszym natężeniu, zależnie od chwilowego ciśnienia membrany na proszek.

Całość zawiesza się na sprężynach lub pasach gumowych, które zabezpieczają mikrofon przed niepożądanymi wstrząsami.

Przy przesyłaniu na pewną odległość prądu, który drga zmieniając się w takt zmian dźwięków odbieranych przez membranę, stosujemy **transformator podwyższający napięcie**. Transformator taki bardzo słabe drgania elektryczne odpowiednio podwyższa, umożliwiając przesłanie ich na większą odległość. Tu na rysunkach nie został on przedstawiony

Tego typu mikrofony węglowe dzisiaj nie są już w radiofonii stosowane, gdyż przy zamianie drgań akustycznych powietrza na drgania elektryczne wprowadzają szkodliwe szumy i zniekształcenia.

Mikrofony te mogą być jednak stosowane w praktyce radioamatorskiej.

W technice podobne mikrofony węglowe używane są jeszcze do chwili obecnej jako tzw. „wkładki" w telefonach.

Innych typów mikrofonów nie będziemy omawiać, gdyż są one zbyt skomplikowane; wystarczy, abyście wiedzieli, że takie są i że wszystkie one mają wspólną cechę — zamieniają drgania akustyczne powietrza na odpowiadające im drgania prądu elektrycznego, będące jakby „elektrycznym obrazem" tych dźwięków.



A teraz zastanówmy się, co dzieje się dalej z tak otrzymanymi drganiami elektrycznymi.

2. Od mikrofonu do stacji nadawczej

Wiadomo już, że drgania powietrza (fale głosowe) można zamienić za pomocą mikrofonu w odpowiadające im drgania elektryczne.

Mikrofony różnych typów, pracujące dla programu radiowego, zainstalowane są w odpowiednich pomieszczeniach budynku **rozgłośni radiowej.** Pomieszczenia te nazywamy **„studiami"**. Z nich nadawane są programy radiowe „bezpośrednio na antenę", to znaczy — jak mówi się popularnie — „na żywo".

Mikrofony mogą być również instalowane i w rozmaitych pomieszczeniach poza budynkiem rozgłośni, np. w teatrach, różnych salach widowiskowych i sportowych itp. oraz — w terenie dla tzw. transmisji z meczów, wyścigów kolarskich, różnych obchodów, reportaży, wywiadów i innych.



Drgania akustyczne powietrza, powstające pod wpływem mowy, muzyki, a także podczas wykonywania każdego programu radiowego, po zamianie w mikrofonie na (zmieniający się) modulowany prąd elektryczny, mogą być „nagrane", czyli — jak mówimy — „zapisane" na odpowiednich płytach gramofonowych lub — co obecnie powszechnie się stosuje — na taśmie magnetofonowej. Mogą być one również przy nadawaniu audycji „na żywo" przesłane (naturalnie po odpowiednim wzmocnieniu) do lokalnej radiostacji nadawczej oraz innych radiostacji krajowych, a nawet i zagranicznych.

Audycja zapisana na płytach gramofonowych lub na taśmie magnetofonowej może być „odtwarzana" i nadawana w późniejszym dowolnym czasie i to nie tylko jeden raz, lecz wielokrotnie.

Uzyskane z mikrofonu napięcia zmienne z częstotliwością dźwięków, jakie były w nadawanej audycji, są bardzo słabiutkie, rzędu miliwoltów, czyli tysięcznych części jednego wolta, a radiostacja nadawcza nie znajduje się zwykle w tym samym miejscu co rozgłośnia; jest ona najczęściej poza miastem.

Z rozgłośni, w której powstaje program, do stacji nadawczej, która go „wysyła" w przestrzeń w postaci fal radiowych, trzeba te słabiutkie napięcia mikrofonowe przesłać w postaci prądu elektrycznego, płynącego przez przewody linii napowietrznej lub — co częściej się stosuje — za pomocą kabla podziemnego. Odległość między rozgłośnią a radiostacją lokalną jest zwykle duża (rzędu kilku lub kilkunastu km), więc oporność elektryczna takiej **linii radiowej** jest również bardzo duża, a napięcia mikrofonowe są przecież bardzo małe. Co trzeba wówczas uczynić? Posłużmy się przykładem.

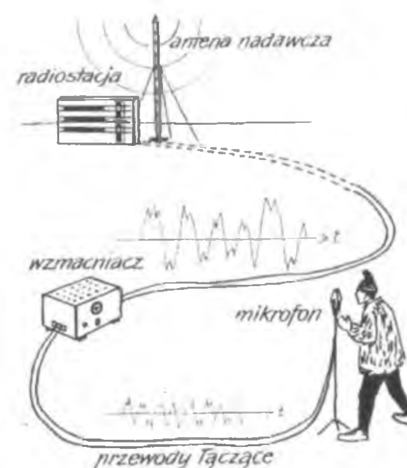
Bryły lodu mają być w lecie przewiezione odkrytym wozem do sklepu w bardzo oddalonej miejscowości.

Zanim lód zostanie dostarczony do miejsca przeznaczenia, znaczna część jego stopnieje.

Jeżeli lód ma być dostarczony w takich warunkach, to należałoby go nałożyć na wóz tak dużo, aby po przewiezieniu na miejsce, mimo że część jego stopniała, pozostały jeszcze bryły żądanej wielkości.

Podobnie czynimy i z napięciami o częstotliwościach akustycznych otrzymanymi z mikrofonu, które

muszą być przesłane na dużą odległość, np. do radiostacji nadawczej. Aby je można było przesłać, należy je przed „wysyłką" wzmocnić o tyle, aby mimo spadku napięcia, jaki zawsze powstaje wzdłuż

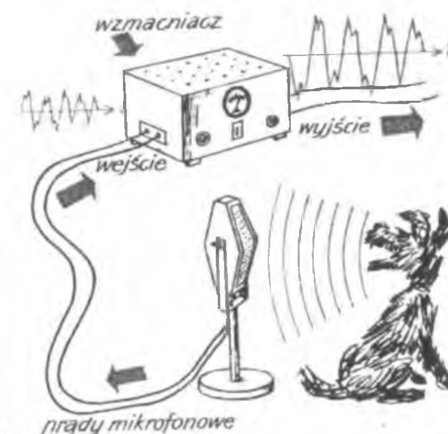


drogi przy przepływie nawet bardzo słabiutkich prądów mikrofonowych



przez długie przewody do radiostacji, napięcia te miały taką wartość, jaka jest potrzebna.

W technice fotograficznej stosuje się aparaty powiększające, tzw. „powiększalniki", które za pomocą układu odpowiednich soczewek powiększają mały obraz do żądanych wymiarów.



Radiotechnika rozporządza również odpowiednimi aparatami „powiększającymi" wartość napięć mikrofonowych. Do tego celu służą



tzw. **wzmacniacze lampowe** lub **tranzystorowe** (o ich działaniu będzie mowa później).

Każdy mikrofon można połączyć z odpowiednim wzmacniaczem i głośnikiem. Niewielka siła głosu mówiącego przed mikrofonem będzie wówczas odtwarzana przez głośnik dziesiątki, a nawet setki razy silniej.

Stopień wzmocnienia, a więc i siłę głosu, można regulować za pomocą specjalnego urządzenia wbudowanego do wzmacniacza.

Słabe napięcia mikrofonowe, wzmocnione przez wzmacniacz do odpowiedniej wysokości, można także przesyłać na duże odległości poprzez kabel lub przewody zawieszone na słupach.

Po przejściu przez kabel lub przewody do stacji odpowiednio wzmocnione prądy mikrofonowe dają już wystarczające napięcia potrzebne do „wysterowania" aparatury nadawczej, która przetwarza je, wzmacnia oraz rozsyła w postaci fal radiowych we wszystkich kierunkach przestrzeni.

A teraz parę słów o tym, co się dzieje w radiostacji nadawczej.

3. Radiostacja nadawcza i jej zadania

Radiofoniczną stacją nadawczą nazywamy radiostację nadającą programy radiowe. Naturalnie, są także i inne radiostacje nieradiofoniczne, np. komunikacyjne, służby lądowej, morskiej, lotniczej itp.

Każda radiostacja ma za zadanie wytworzenie fali radiowej, tzw. „fali nośnej", oraz „naniesienie" na tę falę drgań o częstotliwościach akustycznych, a następnie wypromieniowanie tego wszystkiego w przestrzeń za pomocą anteny nadawczej.

Musicie wiedzieć, że różne radiostacje wytwarzają im tylko właściwe fale; pracują — jak mówimy — na różnych długościach fal. Fale te nazywają się **falami nośnymi**, gdyż jakby „niosą na sobie dźwięki nadawanej audycji".

Mówimy, że fale nośne wypromieniowywane przez radiową stację nadawczą są modulowane drganiami o częstotliwościach akustycznych.

Panie Profesorze — wtrącił milczący do tej chwili Wojtuś. — A w jaki sposób możemy się dowiedzieć, na jakiej „fali nośnej" pracuje dana radiostacja?

Fale nośne, charakterystyczne dla każdej radiostacji — odpowiedział pan profesor — podawane są w programach radiowych umieszczonych w różnych pismach, a także masz je napisane na skali każdego odbiornika.

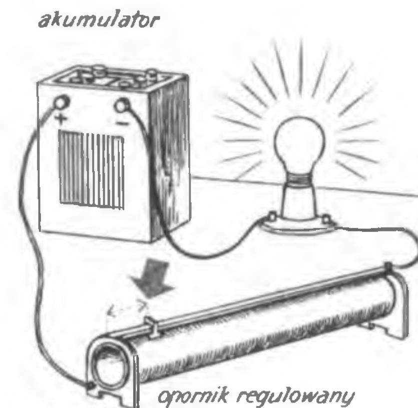
No tak, to prawda — wtrącił znów Wojtuś — lecz na skali jednych odbiorników fale te podawane są w **metrach**, a na innych — w **kilohercach** (kHz) i **megahercach** (MHz).

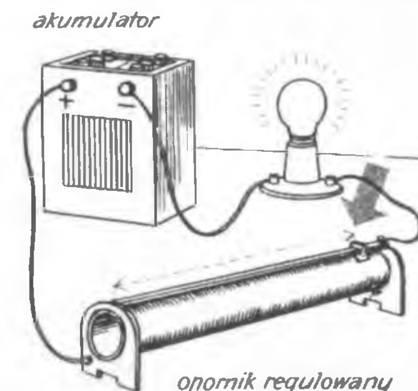
Tak np. fala nośna radiostacji „Warszawa I" podawana bywa albo — 1322 metrów, albo — 227 kHz. Dlaczego tak i czy to jest to samo?

— Dowiesz się o tym Wojtusiu za chwilę. Bądź cierpliwy. A teraz znowu posłużmy się przykładem, abyście mogli dobrze zrozumieć zagadnienie.

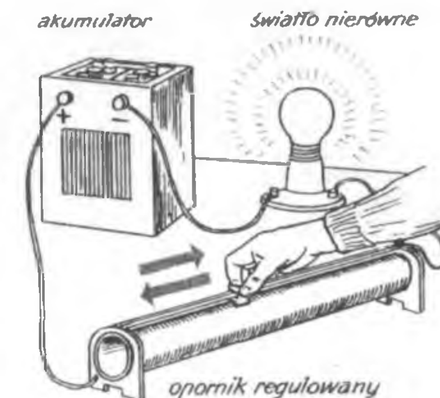
Widzicie tu obwód elektryczny składający się: z akumulatora, który jest źródłem prądu, dwu przewodów łączących ten akumulator z żarówką oraz regulowanego opornika, włączonego szeregowo z jednym z tych przewodów.

Jeżeli opornik jest zwarty (wyłączona oporność), wówczas żarówka świeci się jednostajnym, silnym światłem (podobnie antena promieniuje tylko falę nośną — niemodulowaną). Jeżeli ty Wojtusiu będziesz teraz dowolnie przesuwać ślizgaczem opornika, to włączając w obwód żarówki i akumulatora mniejszą lub większą oporność (różne drgania o częstotliwościach akustycznych), powodować będziesz odpowiednie przygasanie i rozjaśnianie światła żarówki.





Światło to teraz jest „modulowane" przez Twoje „dokładanie" do obwodu żarówki dodatkowych oporności, dających różne spadki napięć, wpływające na większe lub mniejsze osłabienie jasności światła (fala nośna modulowana drganiami o częstotliwościach akustycznych).



Żarówka wysyła promienie świetlne we wszystkie kierunki przestrzeni — antena nadawcza promieniuje fale nośne modulowane drganiami o częstotliwościach akustycznych również we wszystkie kierunki przestrzeni.



Nie będziemy się wdawać w szczegółowe omawianie urządzeń radiostacji. Wystarczy, jeżeli będziecie wiedzieć, że radiostacja wytwarza napięcia zmienne o częstotliwości odpowiadającej jej fali nośnej, a więc o **wielkiej częstotliwości**. Na te napięcia nakłada się napięcia o częstotliwościach akustycznych, czyli o **małej częstotliwości**, otrzymane z rozgłośni linią kablową. Uzyskane w rezultacie nałożenia tych obu napięć na siebie nowe napięcia o **częstotliwości modulowanej fali nośnej** są odpowiednio silnie wzmacniane i dostarczane specjalnym kablem do anteny nadawczej, która wypromieniowuje już elektromagnetyczną, modulowaną falę nośną w przestrzeń.

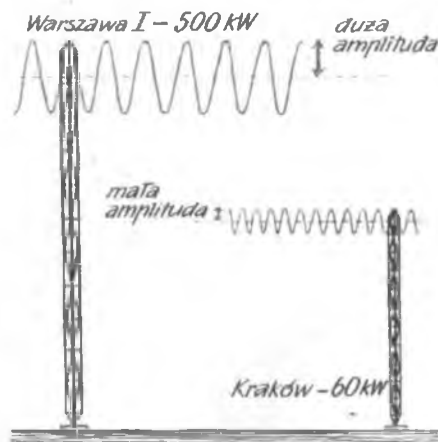
A dlaczego fala taka nazywa się elektromagnetyczną — spytał znów Wojtuś?

Mój drogi chłopcze — odpowiedział pan profesor — jest to zagadnienie bardzo skomplikowane. Zapamiętaj sobie tylko to, że antena stanowi przewód, w którym płynie prąd zmienny o bardzo wielkiej częstotliwości, rzędu setek i tysięcy kiloherców, a czasami nawet dziesiątków i setek megaherców, w zależności od długości fali nośnej, na jakiej pracuje radiostacja. Naokoło takiego przewodu, a więc i anteny, tworzy się pole elektryczne i związane z nim pole magnetyczne, zmieniające się w takt przepływającego prądu o częstotliwości fali nośnej. Zmieniające się z wielką częstotliwością pola elektryczne i magnetyczne odrywają się od anteny tyle razy w ciągu sekundy, ile herców ma częstotliwość prądu i już w postaci **fali elektromagnetycznej** biegną w przestrzeń, rozchodząc się kulisto z prędkością rozchodzenia się światła. Zapamiętajcie to sobie.

A teraz wróćmy znów do analogii.



Młynek wodny (antena) rozsiewa po polu strumienie wody (fale) we wszystkich kierunkach. Wodę dostarcza rurami lub gumowym wężem specjalna pompa, zainstalowana obok młynka (urządzenia radio-



stacji). Od mocy pompy zależy, czy ciśnienie wody w rurach, a więc i w młynku, będzie większe lub mniejsze, a to z kolei wpływa na odległość rozsiewania w dal strumieni wody — na wielkość „zasięgu młynka".



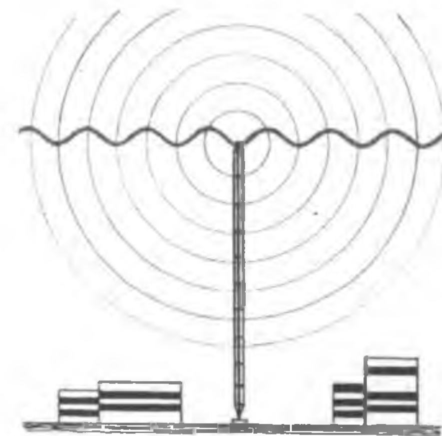
Podobnie sprawa przedstawia się i z radiostacją. Od **mocy radiostacji** zależy jej **zasięg**: im ona jest silniejsza, czyli im więcej **„kilowatów"** (kW) **wypromieniowuje** ona z **anteny**, tym dalej dochodzą jej fale.



Jak widzimy, i to musicie sobie zapamiętać, że każdą radiostację charakteryzują dwie rzeczy:

1) długość fali nośnej (λ), na jakiej nadaje ona swój program — w **metrach** lub jej **częstotliwość** (f) — w kHz albo MHz oraz

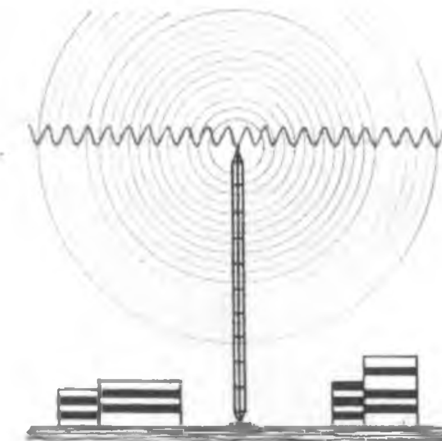
2) **moc stacji** — w sensie mocy fali promieniowanej z anteny.



Stacja pracuje zawsze w którymś z następujących zakresów fal:

— na **falach długich** — w zakresie od około 2000 do 800 m,

— na **falach średnich** — w zakre-



sie od około 600 m do 200 m,

— na **falach krótkich** — w zakresie od 50 m do 10 m oraz

— na **falach ultrakrótkich** — w zakresie od około 1 m do 10 m.

Fale ultrakrótkie w Polsce oznaczamy w skrócie symbolem — UKF. W innych krajach fale te oznacza się również innymi symbolami, np. w ZSRR — YKB; w ČSRS — VKV; w NRD i NRF — UKW itp.

UKF

Naturalnie, te wszystkie długości fal w metrach można bardzo łatwo przeliczyć na odpowiadające im częstotliwości w kHz lub MHz. Jak to się przelicza, powiem Wam za chwilę. Na razie zapamiętajcie sobie, że **długości fal w metrach** oznaczamy symbolem λ (grecka litera — „lambda"), podobnie jak **częstotliwość** tych fal oznaczamy symbolem f.

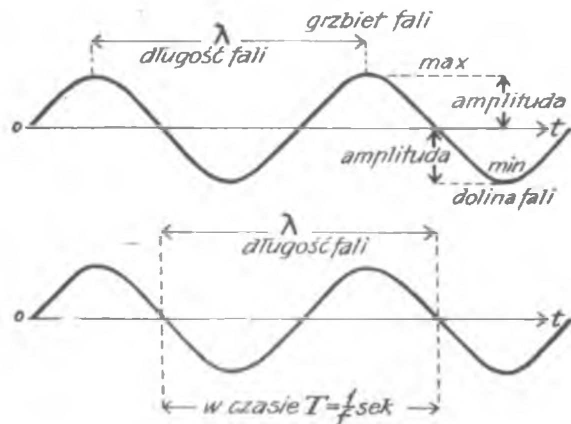
Pamiętacie, że każda fala przedstawiona graficznie ma góry i doliny (sinusoida). Najwyższe jej wychylenia w górę i najniższe — w dół, licząc od linii zerowej, nazywamy **amplitudami.** Odległość dwu sąsiednich grzbietów (lub dolin) fal nazywamy długością fali λ.

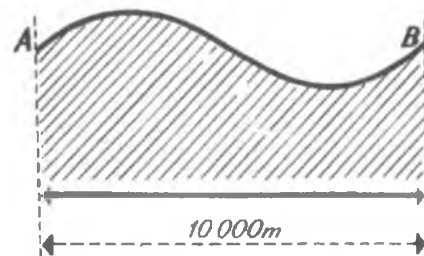
Dla każdej fali, a więc elektromagnetycznej również, istnieje ścisła zależność między długością jednej fali λ (jednego grzbietu oraz jednej doliny) i jej częstotliwością f. W czasie jednej sekundy powstaje pewna ilość fal o długości λ. Ilość powstających pojedynczych fal (o długości λ) w ciągu jednej sekundy zależy od częstotliwości f tych fal; powstaje ich tyle, ile wynosi ich częstotliwość. Czas, w jakim jedna taka fala powstaje, nazywa się tzw. **okresem** T. Okres trwania jednej fali jest więc odwrotnością częstotliwości i wynosi:

$$T = \frac{1}{f} \text{ sekundy.}$$

A teraz weźmy analogię.

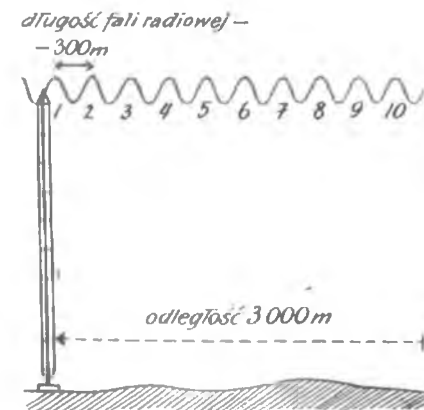
Między miejscowościami A i B, odległymi od siebie o 10 000 metrów, występuje tylko jedna góra i jedna dolina (długość fali $\lambda = 10\,000$ m).





Jeżeli gór i dolin będzie wzdłuż tej drogi np. po cztery, wówczas jedna góra z jedną doliną ma łączną długość równą 1/4 długości całej drogi (długość fali $\lambda = 2500$ m).

Gdy fala ma długość np. $\lambda = 300$ metrów, wówczas na odcinku drogi wynoszącym np. 3000 m pomieści się ona 10 razy (10 gór i 10 dolin).



Fale elektromagnetyczne rozchodzą się w przestrzeni z prędkością c = 300 000 km na sekundę, czyli 300 000 000 m/sek. Dzieląc tę liczbę przez długość fali λ w metrach (np. 300 m) możemy obliczyć, ile fal (gór i dolin) powstaje w ciągu jednej sekundy, a więc częstotliwość f powstawania tych fal:

$$f_{Hz} = \frac{c_{\,m/sek}}{\lambda_m}$$

Dla naszego przykładu:

$$\lambda = \frac{300\,000\,000}{300} = 1\,000\,000 \text{ Hz} = 1 \text{ MHz}.$$

I odwrotnie, znając częstotliwość f powstawania fal, możemy z tego wzoru obliczyć ich długość λ w metrach;

$$\lambda_m = \frac{c_{\,m/sek}}{f_{Hz}}$$

Przypominam Wam w skrócie, że jednostką częstotliwości jest herc (Hz), przy czym: 1 MHz = 1000 kHz = 1 000 000 Hz; 1 kHz = 1000 Hz.

Praktyczne wzory do przeliczania λ na f i odwrotnie przedstawiają się następująco:

$$\lambda_m = \frac{300\,000}{f_{kHz}} \quad \text{(metrów)}$$

$$\text{lub } f_{kHz} = \frac{300\,000}{\lambda_m} \quad \text{(kHz)}$$

oraz:

$$\lambda_m = \frac{300}{f_{MHz}} \quad \text{(metrów)}$$

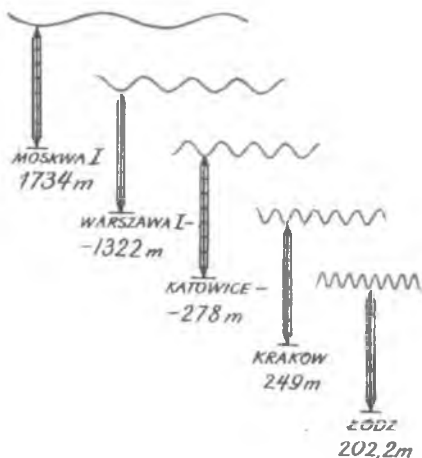
$$\text{lub } f_{MHz} = \frac{300}{\lambda_m} \quad \text{(MHz).}$$

Tak więc widzisz Wojtusiu, łatwo jest przeliczać różne długości fal na częstotliwości i odwrotnie. Weź i przelicz kilka przykładów:

częstotliwość fali $f = 200$ kHz (otrzymasz: $\lambda = 1500$ m — fale długie);

częstotliwość fali $f = 1000$ kHz = 1 MHz ($\lambda = 300$ m — fale średnie);

częstotliwość fali $f = 15\,000$ kHz = = 15 MHz ($\lambda = 20$ m — fale krótkie);
częstotliwość fali $f = 60\,000$ kHz = = 60 MHz ($\lambda = 5$ m — fale UKF).



Podobnie można przeliczyć „metry na herce".

Macie już ogólne pojęcie o pracy radiostacji oraz o stosowanych długościach i częstotliwościach fal nośnych, a także ich wzajemnych przeliczeniach. Wiecie już, że fala nośna „niosąca" jakby nadawany program jest falą modulowaną. Aby jednak dobrze opanować podstawy radiotechniki, musicie poznać sposoby modulacji stosowane w radiofonii i wiedzieć, na czym one polegają.

O tym właśnie teraz musimy pomówić.

4. Modulacja amplitudy i modulacja częstotliwości

Jak zapewno zwróciliście uwagę, często przypominam Wam pewne, omówione już poprzednio zagadnienia; powracam do nich. Czynię to jednak specjalnie, gdyż w ten sposób łatwiej utrwalają się Wam one w pamięci, tym bardziej że za każdym razem „coś nowego" dodaję.

A więc mówiliśmy, że:

— wytwarzana w radiostacji **elektromagnetyczna fala nośna** ma wielką częstotliwość drgań, a prądy (napięcia i natężenia), z których ona powstaje, mają taką samą wielką częstotliwość zmian i nazywają się **prądami wielkiej częstotliwości.**

— wytwarzane w mikrofonie prądy (napięcia) elektryczne mają **małą częstotliwość drgań**, odpowiadającą wszystkim dźwiękom słyszalnym, rozchodzącym się w powietrzu i dochodzącym do membrany mikrofonu;

— napięcie wielkiej częstotliwości (lub falę nośną) można modulować napięciami małej częstotliwości;

— tak modulowana fala nośna „niesie jakby na sobie" w przestrzeń drgania odpowiadające dźwiękom nadawanej audycji.

Obecnie pomówimy o sposobach modulacji fali nośnej.

Właśnie — wtrącił niecierpliwy Wojtuś — mówimy i mówimy w kółko o modulacji, „nakładaniu", „przenoszeniu dźwięków" itd., ale co przy takiej modulacji się zmienia, w jaki sposób powstaje taka modulowana fala nośna itp. — o tym do tej pory nic nie wiemy.

Wojtusiu — przerwał mu pan profesor. — Bardzo niegrzecznie się odzywasz. Powinienem Ciebie ukarać, lecz nie zrobię tego, ponieważ przypuszczam, że takie zachowanie spowodowane jest niecierpliwością; chciałbyś pewnie wszystko już wiedzieć. Bądź cierpliwy.

Otóż dla łatwiejszego wytłumaczenia i zrozumienia sposobów modulacji, posłużymy się znanym już Wam, graficznym przedstawieniem fali (lub napięcia w. cz.) oraz przyjmiemy dla uproszczenia określenie — **sygnał** zamiast powtarzać — fala lub prąd elektryczny.

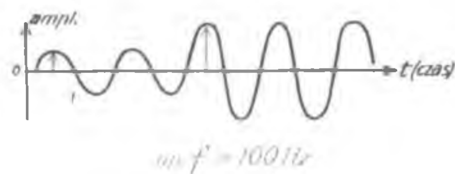
Tak więc:

— **sygnał wielkiej częstotliwości** odpowiadać będzie elektromagnetycznej fali nośnej, a także — prądowi wielkiej częstotliwości;

— **sygnał małej częstotliwości** odpowiadać będzie prądowi o częstotliwościach akustycznych;



— **sygnał modulowany** będzie to sygnał w. cz., na który „nałożono" sygnał m. cz.



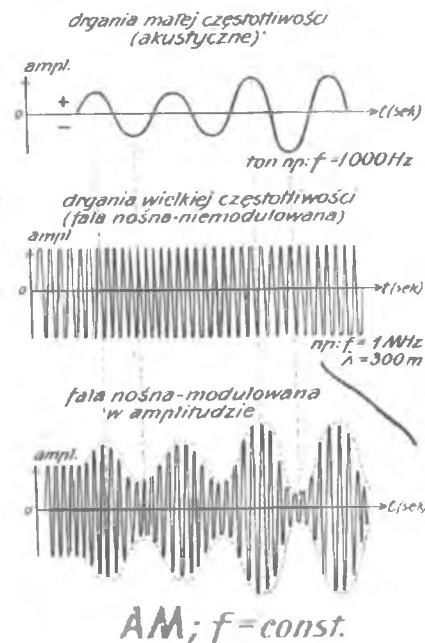
Tutaj widzimy jeszcze raz przedstawiony graficznie sygnał w. cz. (np. fala nośna o $f = 1$ MHz, czyli o $\lambda = 300$ m), a tutaj — sygnał małej częstotliwości (np. odpowiadający tonowi o $f = 100$ Hz). Jak widzimy, sygnał ten ma z początku mniejsze, a następnie większe amplitudy. To oznacza, że ton, z którego powstał ten elektryczny sygnał małej częstotliwości, staje się silniejszy.

Przedstawiony sygnał w. cz. mamy zmodulować sygnałem m. cz. Możemy to wykonać dwoma sposobami, stosując albo **modulację amplitudy** — oznaczaną w piśmie literami „AM", albo **modulację częstotliwości** — oznaczaną w piśmie literami „FM".

Na czym te modulacje polegają, pokazują poniższe rysunki.

W rezultacie nałożenia na sygnały w. cz. sygnałów m. cz. w ten sposób, że w każdej chwili **amplitudy ich odpowiednio się nakładają na siebie**, otrzymuje się **modulowany w amplitudzie sygnał w. cz. (AM).**

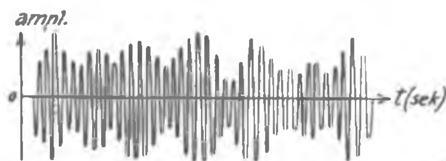
Przy tego rodzaju modulacji sygnały modulujące m. cz. muszą mieć amplitudy mniejsze od amplitud



modulowanego sygnału w. cz., przy czym tzw. **głębokość modulacji** jest proporcjonalna do wielkości amplitud modulującego sygnału m. cz. Ponieważ amplitudy modulującego sygnału m. cz. z kolei znów są proporcjonalne do siły nadawanych dźwięków audycji, przeto możemy powiedzieć, że im silniejszy jest nadawany dźwięk, tym większa jest głębokość modulacji sygnału w. cz.

Na rysunku przedstawiony jest graficznie sygnał m. cz. dla tonu o częstotliwości f = 100 Hz („sinusoida"), przy czym uwzględniono dwa różne natężenia („siłę") tego tonu, co widać z różnej wysokości amplitud tego sygnału.

fala nośna modulowana w amplitudzie (AM) różnymi dźwiękami nadawanej audycji



Naturalnie, w nadawanych audycjach mamy zwykle do czynienia z olbrzymią ilością skomplikowanych dźwięków, o różnych częstotliwościach i natężeniach, więc i sygnał w. cz. modulowany w amplitudzie będzie w każdej chwili przedstawiać się inaczej.

Musimy więc zapamiętać, że **przy modulacji amplitudy (AM) zmianom ulegają tylko amplitudy sygnału w. cz.**, natomiast **częstotliwość tego sygnału nie ulega zmianie**, pozostaje ta sama.

Jeżeli sygnał m. cz. będziemy nakładać na sygnał w. cz. w taki sposób, że w każdej chwili będą następować zmiany wartości jego podstawowej częstotliwości, a nie jak poprzednio zmiany amplitud, które w tym przypadku pozostają stałe, to mamy do czynienia z modulacją częstotliwości (FM).

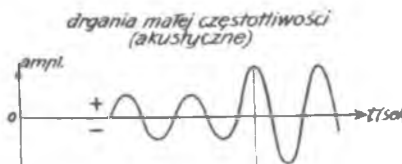
„AM"
f=const.

Musicie wiedzieć, że dokładne wytłumaczenie zasady tego rodzaju modulacji jest dość trudne. Wam wystarczy, jeżeli będziecie pamiętać, **że przy modulacji częstotliwości (FM) zmianom ulega tylko podstawowa częstotliwość sygnału w. cz.**, natomiast **amplitudy tego sygnału cały czas pozostają bez zmian.**

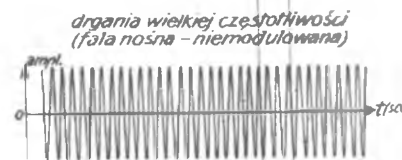
„FM"
amplituda=const.

Jak to się dzieje, to teraz dla Was nieważne. Jak widzicie z graficznego ujęcia tego sposobu modulacji, **dodatnie amplitudy sygnału m. cz.** powodują chwilowe **zagęszczenia fal sygnału w. cz.**, a więc w tych momentach zwiększają o pewną wartość jego podstawową częstotliwość. Natomiast **ujemne amplitudy sygnału m. cz.** powodują chwilowe **rozrzedzenia fal sygnału w. cz.**, a więc w tych momentach zmniejszają o pewną wartość jego podstawową częstotliwość. Jak z te-

drgania małej częstotliwości (akustyczne)



drgania wielkiej częstotliwości (fala nośna – niemodulowana)



fala nośna — modulowana częstotliwościowo



FM; ampl=const.

go wynika, **na chwilowe zmiany podstawowej wielkiej częstotliwości sygnału modulowanego wpływają nie częstotliwości modulującego sygnału małej częstotliwości, lecz wielkości jego amplitud**, a więc tym samym odpowiednie natężenia („siły głosu") dźwięków. **Wartości częstotliwości modulującego sygnału m. cz. wpływają tylko na ilość** (częstość) **występujących w ciągu jednej sekundy zmian podstawowej częstotliwości modulowanego sygnału wielkiej częstotliwości.**

Tak, to jest dość trudne do zrozumienia i wcale nie takie proste, jak ja to powiedziałem. Wystarczy jednak, abyście tylko to, co powiedziałem, zapamiętali na przyszłość.

Zapamiętamy to, Panie Profesorze — wtrącił znów Wojtuś. Ciekawi jednak jesteśmy, jakie radiostacje stosują modulację AM, a jakie FM?

— Odpowiem Wam na to również ogólnie. Wszystkie **radiofoniczne stacje nadawcze, pracujące w zakresach długo-, średnio- i krótkofalowym, stosują modulację amplitudy (AM)**, natomiast **stacje pracujące w zakresie ultrakrótkofalowym (UKF) stosują przeważnie modulację częstotliwości (FM).**

AM
Dł. fale
Śr. fale
Kr. fale
FM
UKF

Stosowanie modulacji częstotliwości jest możliwe tylko wówczas, gdy podstawowa częstotliwość fali nośnej jest bardzo duża — rzędu dzie-

siątków megaherców (MHz). Tylko wówczas modulacja systemem FM sygnałami m. cz. (rzędu kHz) nie będzie zmieniać na tyle podstawowej częstotliwości fali nośnej, aby nie można było dostroić odbiornika do „fali stacji". Zmiany podstawowej częstotliwości, wynikłe z modulacji, „mieszczą się wówczas w zakresie dostrojenia", a jednocześnie wystarczą do uzyskania odbioru nadawanych audycji. To jest możliwe tylko w zakresie UKF, natomiast nie jest możliwe na dłuższych zakresach fal, w których częstotliwości tych fal wynoszą zaledwie setki kiloherców (kHz) lub co najwyżej kilka megaherców (MHz).

Audycje, szczególnie muzyczne, nadawane na zakresie UKF przy modulacji częstotliwości (FM), wykazują przewagę nad audycjami nadawanymi na innych zakresach falowych przy modulacji amplitudy (AM) — pod względem wierności odtwarzania, szerokiego pasma częstotliwości akustycznych odtwarzanych w muzyce — oraz charakteryzują się minimalnymi zakłóceniami natury przemysłowej i atmosferycznej, a nawet zupełnym ich brakiem. Zakłócenia te dają się odczuwać często przy odbiorze audycji z modulacją amplitudy (AM) na innych zakresach falowych; na zakresie UKF i przy modulacji FM nie są one odbierane.

Tyle o sposobach modulacji stosowanych w radiofonii.

O, to dobrze — westchnęła Kasia — Nareszcie skończyliśmy z falami.

— Nie ciesz się tak, Kasiu. O falach będziemy jeszcze mówić, lecz obiecuję Ci, że omawianie to będzie znacznie łatwiejsze.

5. O rozchodzeniu się fal elektromagnetycznych w przestrzeni

W miarę oddalania się od miejsca, w którym wpadł kamień do wody, fale wodne stopniowo słabną (zanikają).

Podobne zjawisko występuje również i przy rozchodzeniu się fal dźwiękowych, zwanych także falami akustycznymi.

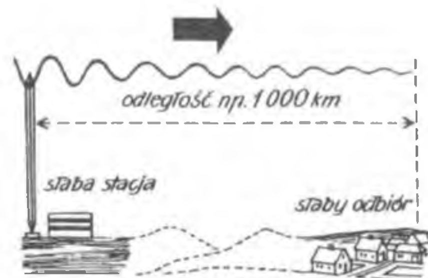
W pobliżu dzwonu siła dźwięku jest największa, lecz na swej drodze fale dźwiękowe tracą stopniowo swą siłę, aż w końcu — całkowicie zanikają.



Przy falach elektromagnetycznych zachodzi również podobne zjawisko zanikania fal w miarę oddalania się od anteny radiowej stacji nadawczej, która tę falę promieniuje.

Posiadacze aparatów radiowych wiedzą, że bliską radiową stację lokalną odbiera się zawsze z dużą siłą, natomiast stacje bardzo odległe — bez porównania słabiej.

Gdy stacja nadawcza ma dużą siłę (moc), czyli gdy wysyła silną falę, wówczas dobry jej odbiór jest możliwy w znacznie większym promieniu, a więc w znacznie większej odległości niż stacji o małej mocy, promieniującej falę słabą.



Fale dźwiękowe (akustyczne) przebiegają w powietrzu w ciągu jednej sekundy około 333 metrów. **Prędkość** zaś **fal elektromagnetycznych w przestrzeni wynosi aż 300 000 km/sek.** Tak więc fala elektromagnetyczna mogłaby okrążyć kulę ziemską około 7,5 razy w ciągu jednej sekundy, gdyby jej siła wystarczyła na odbycie takiej podróży.

prędkość fali radiowej jest tak duża



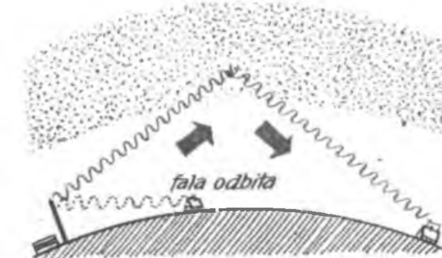
że mogłaby okrążyć ziemię 7,5 raza w ciągu 1 sekundy

Stacje radiowe, pracujące w zakresie fal długich, średnich i krótkich, mają zasięg znacznie większy niż stacje radiowe, pracujące w zakresie fal ultrakrótkich (UKF).

Fale elektromagnetyczne wypromieniowane w przestrzeń przez antenę stacji nadawczej mogą dochodzić do anteny odbiorczej dwiema drogami:

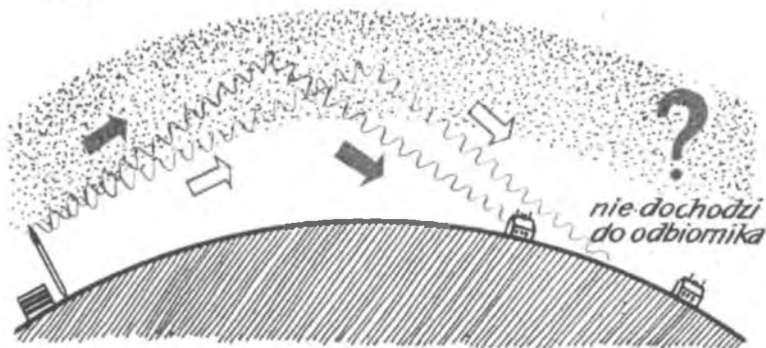


bezpośrednio — od anteny nadawczej do odbiorczej, gdy odbiornik znajduje się w niedalekiej odległości od stacji nadawczej. Są to tzw. **fale przyziemne**, gdyż rozchodzą się przy powierzchni ziemi, oraz — **pośrednio** poprzez odbicie od górnej warstwy „zjonizowanego" powietrza, podobnie jak odbijają się fale świetlne od powierzchni lustra. Są to tzw. **fale odbite.**



Musicie wiedzieć, że w dzień, na wysokości około 200 km nad powierzchnią ziemi, a w nocy znacznie wyżej, znajduje się dość gruba warstwa rozrzedzonego powietrza, nazywanego „zjonizowanym". Warstwa ta ma tę właściwość, że fale długie, średnie i krótkie rozchodzące się w przestrzeni zaginają się w niej

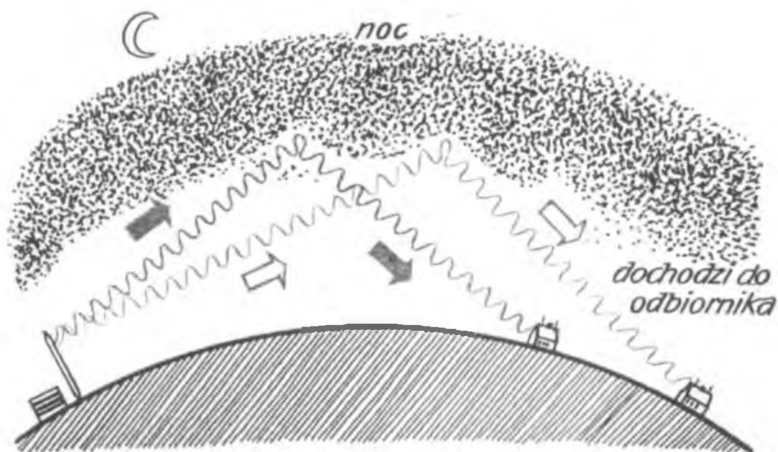




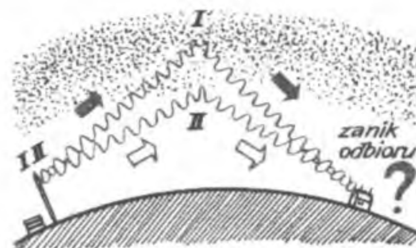
i odbijają podobnie jak od lustra, wracając w dużej odległości od stacji nadawczej z powrotem na ziemię. Warstwa ta nazywa się **„warstwą Heaviside'a"** (czytaj Hiwisajda) od nazwiska uczonego, który ją odkrył. Dzięki tej warstwie powietrza i właściwości odbijania fal długich, średnich i krótkich możliwy jest odbiór programów stacji, znajdujących się nawet w bardzo dużej odległości od odbiornika.

W dzień odbiór tych stacji jest bardzo słaby lub w ogóle niemożliwy, wieczorem zaś — bardzo dobry. Liczba „odbieranych" wieczorem radiostacji jest również bardzo duża, gdyż fale odbite, dochodzą na większe odległości.

Zdarza się czasami zauważyć,



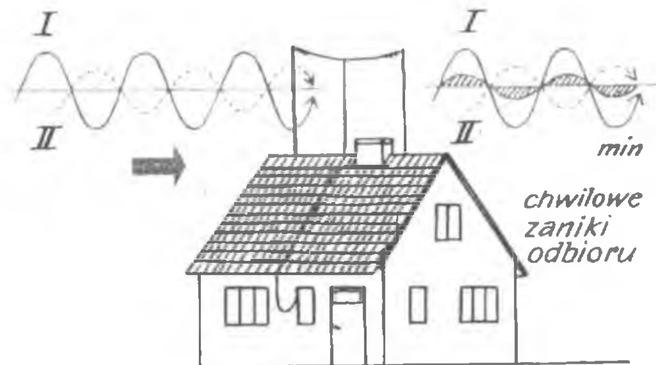
szczególnie przy odbiorze programu przez aparaty bardzo niskiej klasy, że audycja chwilowo słabnie lub zanika zupełnie, czasami zaś wzmacnia się tak, aż powstają zniekształcenia dźwięków. Trwa to zwykle tylko chwilę, może jednak występować dość często, nawet w krótkich okresach czasu.



Zjawiska zaników audycji występujące chwilowo nazwane zostały „fading" (czytaj: feding). Powstają one wówczas, gdy do anteny odbiorczej dochodzą jednocześnie dwie fale promieniowane w tym samym czasie przez antenę tej samej radiostacji, np. fala przyziemna i fala odbita lub dwie fale odbite od różnych warstw zjonizowanego powietrza, a więc odbite na różnych wysokościach nad powierzchnią ziemi.

Jeżeli te fale dochodzą do anteny w taki sposób, że w tym samym momencie przewody anteny są pod działaniem „góry" jednej fali i „doliny" — drugiej (niezgodne amplitudy), to wówczas obie te fale przeciwdziałają sobie i antena otrzymuje tylko różnicę ich amplitud, gdyż odejmują się one od siebie. A zatem, gdy tak dochodzące fale mają amplitudy różnej wysokości, czyli różną siłę, wówczas odbiór mniej lub więcej słabnie, zależnie od wartości różnicy amplitud. Przy jednakowych, lecz odwrotnych amplitudach dochodzących fal, odbiór zanika zupełnie, gdyż fale te (ich amplitudy) znoszą się wzajemnie.

Jeżeli amplitudy dwu dochodzących fal są zgodne, wówczas sumują się one i antena w tym momencie znajduje się pod chwilowym działaniem zwiększonej siły fali i odbiór jest silniejszy; odbiór może być tak silny, że mogą powstawać zniekształcenia odbieranych dźwięków mowy i muzyki.





Nowoczesne aparaty mają specjalne układy elektryczne, które automatycznie usuwają te zaniki i przesterowania, tak że odbiór stale jest na tym samym poziomie siły, na jaki został przez nas nastawiony.

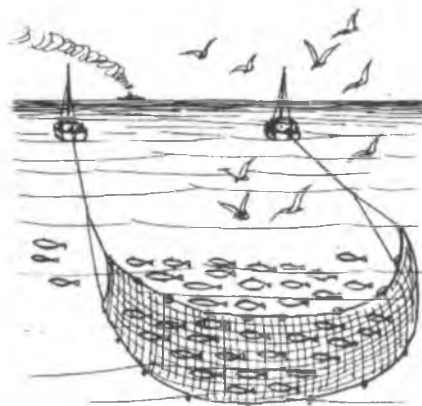
Fale ultrakrótkie (UKF), których długość jest mniejsza niż $\lambda = 10$ m, **rozchodzą się w przestrzeni tylko wzdłuż linii prostej, podobnie jak fale świetlne, i nie odbijają się od warstwy zjonizowanego powietrza.** Warstwa ta nie stanowi dla nich jakby powierzchni lustra; dla tych fal jest ona „przezroczysta". Im krótsza jest długość fali, tym fale te łatwiej przez nią przechodzą i nie powracają już z powrotem na ziemię.

Nie ma więc wówczas fal odbitych, są tylko fale bezpośrednie, które mają zasięg w promieniu widoczności anteny nadawczej, podobnie jak fale świetlne.

Stosując antenę nadawczą, umieszczoną na bardzo wysokim maszcie, i antenę odbiorczą zawieszoną również wysoko, można uzyskać odbiór programów nadawanych przez radiostacje pracujące w zakresie UKF — w promieniu od około 60 do około 80 km.

6. Anteny odbiorcze

Każda antena odbiorcza służy do „chwytania" fal elektromagnetycznych wypromieniowanych przez anteny stacji nadawanych.



Porównanie: wielką i dobrą siecią można złowić dużo ryb... małą i złą natomiast — niedużą ich ilość.

Odpowiednio długa antena zawieszona wysoko nad dachem lub podwórzem chwyta więcej fal elektromagnetycznych niż np. krótka antena pokojowa (zastępcza) dowolnego typu.

Na pełnym morzu fale wodne są duże i silne, natomiast w portach — małe i słabe. Falochrony ograniczają siłę i wielkość fal.



W okolicach niezadrzewionych i mało zabudowanych fale elektromagnetyczne napotykają na swej drodze tylko nieznaczne przeszkody i silnie oddziałują na anteny naszych odbiorników.



Przez zalesione i zabudowane tereny fale elektromagnetyczne przedostają się z trudem, tracąc po drodze znaczną część swej siły; są one osłabione. Do anten zainstalowanych w miastach fale dochodzą znacznie osłabione.



Porównanie: podczas wyciągania sieci z wody trzeba pilnować, aby złowione nią ryby nie wydostały się z powrotem do wody. Sieć opróżnia się do łodzi rybackiej. „Schwytane" przez antenę fale radiowe również nie powinny się z niej wydostać. Dlatego antenę zewnętrzną



należy wieszać na łańcuchach izolatorów. Fale wówczas „spływają" tylko po doprowadzeniu anteny do odbiornika, a nie uchodzą z niej do ziemi poprzez słabą izolację.

Wszystkie metalowe przedmioty (druty, przewody, sprężyny materaców, struny fortepianu itp.) mogą



stanowić antenę. Przewody sieci oświetleniowej również można użyć zamiast anteny. Aby jednak prąd



z sieci oświetleniowej nie przedostał się do obwodów antenowych odbiornika, należy w przewód łączący gniazdko antenowe odbiornika z siecią włączyć kondensator stały o małej pojemności, np. 500 pF, lecz o bardzo dużym „napięciu przebicia", nie mniejszym niż 1500 V. Innymi słowy, odbiornik należy połączyć z jednym przewodem sieci poprzez kondensator stały. Kondensator taki przepuści tylko prądy szybkozmienne (w.cz.), natomiast po-



wstrzyma prąd o małej częstotliwości (prąd przemysłowy) z sieci.



Dobroć anteny zewnętrznej **zależy** przede wszystkim **od wysokości jej zawieszenia.**

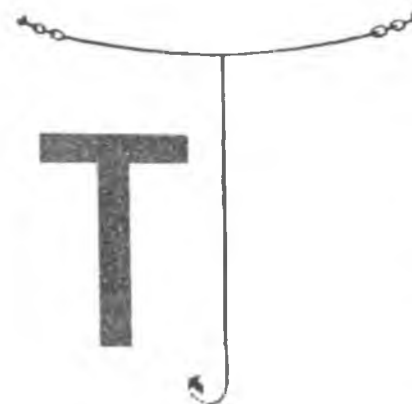
Do odbioru wielu stacji pracujących w zakresie fal długich, średnich i krótkich wystarcza antena o poziomym promieniu długości około 20 metrów.

Zamieszczony dalej rysunek przedstawia antenę tzw. T-ową. Nazwa

takiej anteny pochodzi od jej kształtu (litery T).

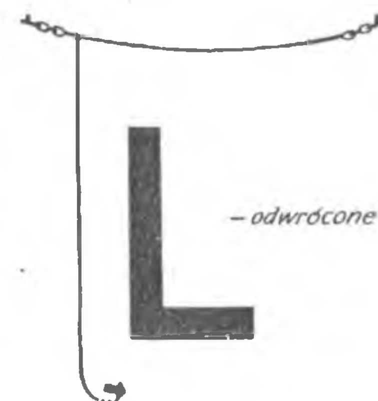


Istnieją również anteny L-owe, przypominające swym kształtem odwróconą literę L.



Działanie obu typów wymienionych anten jest podobne.

Do odbioru audycji radiowych nadawanych w zakresie UKF i programów telewizyjnych (pracujących w tym samym zakresie falowym) często wystarczy antena wewnętrzna. Niektórzy radioamatorzy wykorzystują do tego celu np. dwa izolowane przewody skręcone przy odbiorniku, a rozpięte poziomo w gó-



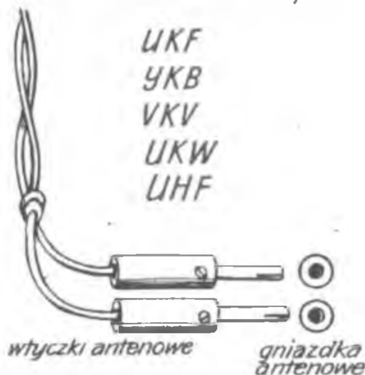
rze i przymocowane za pomocą izolatorków do ścian pokoju.



Dwa odizolowane końce skręconej części przewodu tak wykonanej anteny, oprawione w odpowiednie wtyczki, wkłada się do specjalnych gniazdek w odbiorniku, oznaczonych literami UKF, UKW, VKV lub YKB — zależnie od kraju, w jakim odbiornik ten został wyprodukowany.

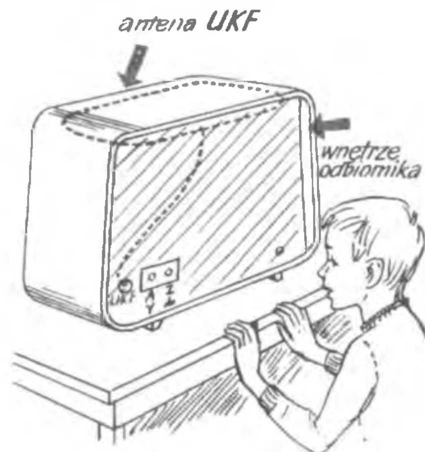
Poziome promienie takiej anteny powinny mieć kierunek zawieszenia prostopadły do kierunku, w którym znajduje się antena stacji nadawczej.

różne oznaczenia ultrakrótkich fal



Często, w lepszej klasy odbiornikach radiowych, antena do odbioru fal ultrakrótkich (UKF) jest już wbudowana do wnętrza skrzynki.

antena UKF



Jeżeli antena stacji nadawczej UKF jest daleko, kilkadziesiąt kilometrów od odbiornika, wówczas trzeba koniecznie zainstalować antenę zewnętrzną na dachu domu lub na odpowiednio wysokiej tyczce (na wsi). Konstrukcję takiej anteny podam Wam później.

Ostatnio coraz częściej odbiorniki radiowe wysokiej klasy oraz odbiorniki miniaturowe mają także wbudowaną do swojej skrzynki antenę tzw. „ferrytową", dostosowaną do odbioru fal średnich, a nawet i długich.





antena ferrytowa

Antena taka — to odpowiedni zespół cewek nawiniętych na pręcie ferromagnetycznym, który możemy poziomo obracać dookoła osi pionowej.

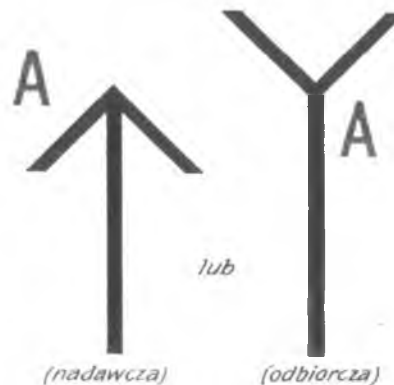
Za pomocą pokręcania odpowiednią gałką tak dobiera się ustawienie anteny wewnątrz skrzynki odbiornika, że odbiór audycji nadawanej z dowolnej stacji uzyskuje się czysty, bez zakłóceń ze strony innych stacji, pracujących na zbliżonych długościach fal.

Naturalnie, siła odbioru poprzez antenę ferrytową jest mniejsza niż przez antenę zewnętrzną, lecz nie ma to dużego znaczenia przy odbiorze silnych stacji radiowych.

Niezależnie od anteny ferrytowej, w odbiorniku przewidziane jest zawsze gniazdko antenowe (*A*) do podłączenia normalnej anteny zewnętrznej (potrzebnej do odbioru bardzo odległych i słabych stacji radiowych); pokrętłem „antena ferrytowa" można dowolnie włączać do pracy antenę wewnętrzną lub zewnętrzną.

Poza opisanymi antenami istnieją jeszcze i inne, lecz ich nie omawiamy, gdyż nie chodzi nam o szczegóły budowy, tylko o zrozumienie zasady działania i konstrukcji najprostszych ich typów.

symbole anten



Na rysunku przedstawione są symbole anteny (*A*), używane w schematach aparatów radiowych, do odbioru fal długich, średnich i krótkich.

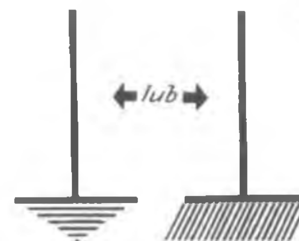
symbol anteny do odbiornika UKF



Symbol anteny do odbioru fal ultrakrótkich (UKF), stosowany w schematach radiowych, przedstawiono niżej.

Antena taka nazywa się **dipolem półfalowym** lub **dipolem.**

symbole uziemienia



Tak jak ważna do uzyskania odbioru jest — antena (*A*), tak nie mniej ważne jest i uziemienie (*Z*). Przy użyciu uziemienia odbiór uzyskuje się na ogół znacznie silniejszy i znacznie czystszy. Używane symbole uziemienia i „masy" (metalowej podstawy odbiornika) są podane na rysunkach.

symbol „masy"



Do spraw związanych z antenami i uziemieniami jeszcze wrócimy.

7. Odbiór

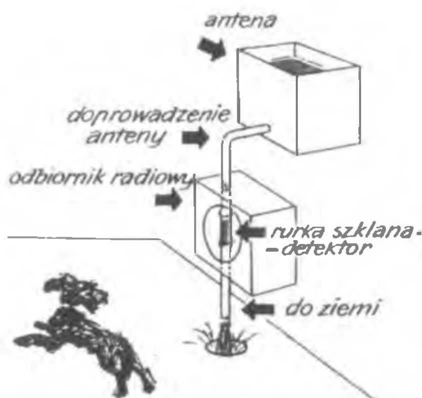
Fale elektromagnetyczne na swej drodze w przestrzeni napotykają

anteny połączone z odbiornikami radiowymi.

Zadanie odbiornika polega na tym, aby przesłane przez przestrzeń za pomocą fal elektromagnetycznych drgania „dźwiękowe", odebrane przez antenę i „doprowadzone" do układu odbiornika, stały się znów słyszalne.

A teraz wyobraźmy sobie takie doświadczenie.

Woda wlewająca się do naczynia spływa rurą do niższego poziomu. W dowolną część rury żelaznej wstawiono kawałek rury szklanej. Obserwując rurę szklaną można tylko wtedy zauważyć przepływ wody, jeżeli jest ona zabarwiana na jakikolwiek kolor.



Czysta woda — tylko fala nośna.

Zabarwianie wody — modulowanie fali nośnej drganiami elektrycznymi o częstotliwościach akustycznych.

Gdyby woda była czysta, wówczas stwierdzenie jej przepływu przez rurę byłoby trudne lub zupełnie niemożliwe.

Podobne zjawiska występują i w odbiorniku radiowym.

Fale nośne (modulowane) wypromieniowane przez anteny wszystkich radiostacji, nadających w tym samym czasie programy radiowe, napotykając na swej drodze w przestrzeni metalowe przewodniki, a więc i anteny, wzbudzają (indukują) w nich nadzwyczaj słabiutkie prądy wielkiej częstotliwości o częstotliwościach odpowiadających tym wszystkim falom (przewodnik w zmiennym polu elektromagnetycznym).

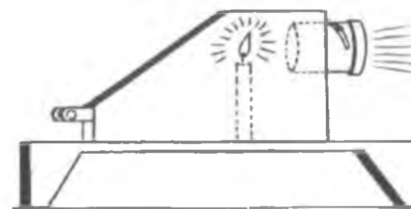
Prądy te spływają do obwodu antenowego odbiornika, a z niego do „ziemi" (bezpośrednio — do uziemienia lub pośrednio — przez instalację zasilającą odbiornik prądem). **Po dostrojeniu obwodu antenowego do odbioru jednej z tych fal** (jak to się dzieje, dowiecie się później) obecność fali modulowanej możemy stwierdzić za pomocą słuchawek (lub głośnika). Jeżeli fala istnieje i „niesie" na sobie drgania elektryczne o częstotliwościach akustycznych, usłyszymy nadawaną audycję (zabarwiona woda).

Jeżeli fala istnieje, lecz „nie niesie na sobie audycji" (czysta woda), istnienie jej trudno jest stwierdzić słuchawkami (lub głośnikiem). Jedyną oznaką, że fala nośna (niemodulowana) istnieje, lecz stacja w danej chwili nie nadaje audycji, jest często większy szum słyszalny w słuchawkach niż w przypadku, gdy stacja ta w ogóle nie pracuje.

Przepływ zabarwionej wody przez rurkę szklaną jest słabo widoczny. Można jednak widoczność tę powiększyć. W tym celu rurkę tę można umieścić np. w obiektywie latarni projekcyjnej. Duże powiększenie wykaże wyraźny przepływ w rurce zabarwionej wody.

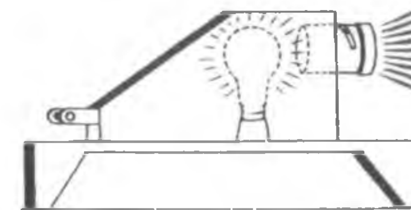
Podobnie również i silny odbiornik lampowy da wyraźną i głośną audycję.

Odbiornik zasilany bateriami elektrycznymi wyczerpie po pewnym czasie te baterie. Jeżeli w latarni projekcyjnej jest umieszczona świeczka stanowiąca źródło światła, to wypali się ona po pewnym czasie.



Aby otrzymać silniejsze światło, należy wstawić do takiej latarni projekcyjnej więcej świec. Zużycie świec będzie wówczas odpowiednio większe.

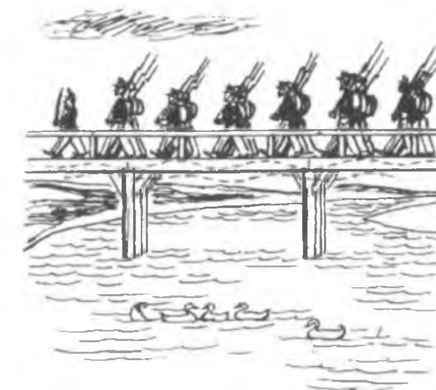
Silniejszy odbiornik o większej ilości lamp radiowych zużyje więcej prądu z baterii.



Świecę w latarni projekcyjnej można zastąpić żarówką elektryczną, zasilaną prądem z sieci oświetleniowej. Podobnie i odbiornik może być przystosowany do zasilania lamp elektronowych prądem z sieci elektrycznej.

8. Rezonans i obwody rezonansowe. Strojenie odbiorników.

Cała radiotechnika jest oparta na **zjawisku rezonansu.** Kilka zamieszczonych przykładów wyjaśni powstawanie rezonansu.



Powszechnie wiadomo, że oddział żołnierzy nie powinien maszerować zgodnym krokiem, gdy przechodzi przez most, zwłaszcza o słabszej konstrukcji.



Pod wpływem zgodnych kroków, w pewnym momencie most zaczyna drgać. Drgania te stają się coraz

silniejsze i mogą osiągnąć taką siłę (taką amplitudę wahań), że most może nawet zawalić się.

Oto zupełnie inny przykład.

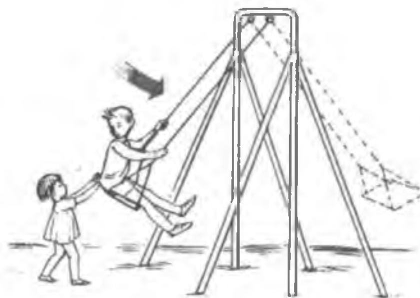
Na drzewie, wysoko, wisi jabłko. Chłopiec chce je zerwać, lecz nie może dosięgnąć gałęzi. Mała i cienka gałązka znajduje się niżej tej gałęzi, lecz może on ją zaledwie dosięgnąć.



Chłopiec ciągnie gwałtownie małą gałązkę do dołu, aby nagiąć gałąź z jabłkiem. Nie udaje mu się to; cienka gałązka łamie się. Tym sposobem nie może zerwać jabłka.



Lekkimi, rytmicznymi pociągnięciami małej gałązki chłopiec stara się rozkołysać dużą gałąź. Duża gałąź stopniowo zaczyna wahać się coraz bardziej. Wreszcie utrzymane w rytmie wahania gałęzi będą tak duże, że chłopiec łatwo już może dosięgnąć ręką jabłka.



Podobne zjawisko można zauważyć i przy kołyszącej się huśtawce. Bardzo mała siła wystarczy w zupełności, aby rozkołysać huśtawkę, jeżeli popchnięcia będą następowały w odpowiednich momentach (w chwili największego wychylenia).



Na podstawie wymienionych przykładów można już wywnioskować, że drgania (wahania) osiągają bardzo duże amplitudy wówczas, gdy impulsy (popychania) podtrzymujące je będą zgodne z liczbą i w czasie z własnymi drganiami układu. Występuje wówczas tzw. **rezonans mechaniczny.**

Śpiewaczka może wywołać swym silnym głosem współbrzmienie odpowiednich strun fortepianu. Występujące zjawisko nazywa się **rezonansem akustycznym**.

To samo zjawisko daje się zauważyć przy uderzeniu w kamerton. Znajdujący się w pobliżu drugi taki sam kamerton (o takiej samej częstotliwości drgań) zaczyna wówczas drgać; wpada w rezonans z drganiami pierwszego kamertonu.



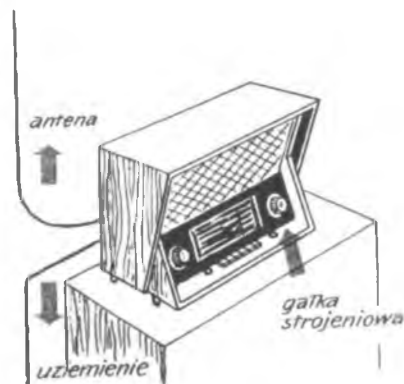
Drgania dźwiękowe wywołane przez kamerton rozchodzą się w powietrzu i trafiają na drugi kamerton, tak samo nastrojony.

Pod wpływem energii przenoszonej przez powietrze drugi kamerton zaczyna drgać, wywołując ten sam ton. Kamertony dostrojone do innej częstotliwości drgań nie będą wrażliwe na rozchodzący się w powietrzu ton.

Dwa o jednakowym stroju kamertony nie dadzą zjawiska rezonansu, gdy jeden z nich będzie nieco rozstrojony, np. przez umocowanie małej klamerki na jednym jego ramieniu.



Podobne zjawiska występują również i w radiotechnice. Aparat odbiera tylko wtedy żądaną stację radiową, gdy jego obwody rezonansowe będą dostrojone do częstotliwości fali „nośnej" tej stacji. Następuje wówczas zjawisko **rezonansu elektrycznego,** które umożliwia odbiór audycji.



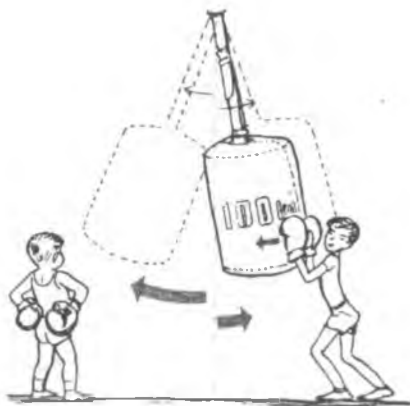
Mówiliśmy o rezonansie. Kilka następnych przykładów wyjaśni, w jakich jeszcze warunkach może występować zjawisko rezonansu.

Mały chłopczyk chce rozkołysać wielki ciężar zawieszony na długiej

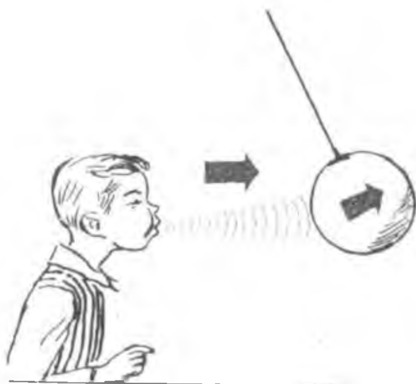
linie. Nie trzeba do tego wielkiej siły. W krótkim czasie ciężar może osiągnąć nawet duże wahania, jeżeli tylko mały chłopczyk będzie go popychać w odpowiednich momentach.



Te momenty występują wówczas, gdy ciężar uzyskuje największe swoje wychylenie od pionu, staje na ułamek sekundy i zaczyna opadać.



Jeżeli natomiast popychania wahającego się ciężaru będą następowały w dowolnym, a więc w nieodpowiednim czasie, wówczas nie rozbuja się go lub, jeżeli ciężar już się waha, zatrzyma się on bardzo prędko. Mały chłopczyk nie dostosował momentów pchnięć do rytmu wahającego się ciężaru, czyli — do rytmu całego tzw. układu drgającego.



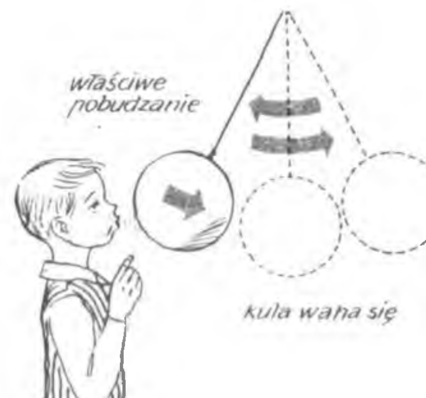
Chłopiec stara się rytmicznymi dmuchnięciami rozkołysać małą kulkę zawieszoną na nitce. W tym doświadczeniu dmuchnięcia muszą również odbywać się w odpowiednich odstępach czasu i w odpowiednich momentach wychyleń, dostosowanych także do właściwości tego nowego układu drgającego.



Następujące po sobie w okresach czasu i w momentach określonych dla wahadła z poprzedniego doświadczenia dmuchnięcia nie będą odpowiadać właściwościom innego układu drgającego (utworzonego np. z krótszego lub dłuższego wahadła, mniejszego lub większego ciężaru). W takim przypadku wahadło nie będzie się kołysać. Bodziec pobudzający ciężar i kulkę do wahań musi być zatem zawsze ściśle dostosowany do długości wahadła i jego ciężaru.

Fale elektromagnetyczne można by przyrównać do akustycznych fal powietrznych. W celu łatwiejszego zrozumienia zachodzących zjawisk można by sobie wyobrazić, jeżeli ktoś ma bardzo bujną wyobraźnię, że na antenie stacji nadawczej siedzi chłopiec i głośno pokrzykuje w pewnych i równych odstępach czasu. Fale powietrzne rozchodzą się w atmosferze, fale radiowe — również.

W momentach, kiedy podmuchy powietrza są najsilniejsze, występują „góry fal", kiedy — najsłabsze, występują „doliny fal", przy tym odstępy (okresy czasu) między poszczególnymi dmuchnięciami są stałe.



Można również przyjąć, że w odbiorniku znajduje się jakiś układ, mogący pod wpływem silnych fal powietrznych drgać mechanicznie, np. wahadło.

Pod wpływem dochodzących silnych podmuchów powietrza wahadło to może (lecz nie musi) kołysać się.

Jeżeli wahadło nie będzie przystosowane (dostrojone) do częstotliwości (okresowości) tych dmuchnięć, wówczas nie może ono się rozkołysać. Odbiornik nie będzie działać, gdyż „częstotliwość drgań" układu wahadła jest inna niż częstotliwość podmuchów powietrza, a przecież powinna być taka sama, aby zachodził rezonans.

Jeżeli jednak będziemy zmieniać czy to długość wahadła, czy to jego ciężar lub jedno i drugie razem, tak że w pewnym momencie drgania układu wahadła będą odpowiadać drganiom podmuchów powietrza, wtedy wahadło zacznie się wahać, czyli zaistnieje rezonans. Podobne zjawiska zachodzą i w radiotechnice.

Jeżeli zastąpimy przyjęte w poprzednim abstrakcyjnym przykładzie okresowe podmuchy powietrza — elektromagnetyczną falą nośną promieniowaną przez antenę stacji nadawczej, a wahadło w odbiorniku — elektrycznym „układem drgającym", inaczej zwanym — **układem rezonansowym** lub **układem strojonym**, można już łatwo zrozumieć, że elektryczne impulsy fali nośnej pobudzą do drgań układ drgający wówczas, gdy będzie on odpowiednio dostrojony.

Naturalnie, mówiłem już Wam, że

radiowe „fale nośne", wypromieniowywane przez wszystkie radiostacje nadające w danej chwili program, trafiając na anteny odbiorcze wzbudzają w nich bardzo słabiutkie napięcia zmienne wielkiej częstotliwości, odpowiadające „falom nośnym" różnych stacji.



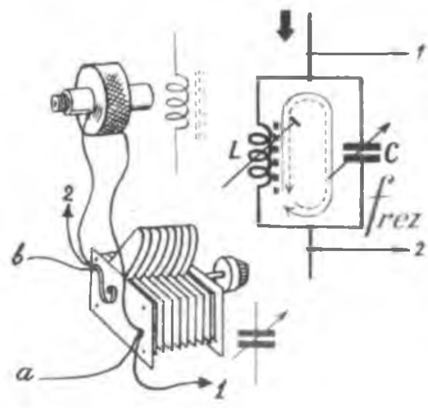
· Panie Profesorze — przerwał Wojtuś — mam pytanie. Jak to jest z tymi napięciami w antenie? Różne fale radiowe, czyli różne fale nośne o różnych mocach i częstotliwościach, powodują w antenie wzbudzanie się rozmaitych pod względem wartości (w zależności od mocy dochodzącej fali nośnej) napięcia zmienne, o różnych częstotliwościach. W jaki więc sposób z tych napięć „wyłowimy" napięcia o częstotliwości fali nośnej tej radiostacji, której nadawany program w danej chwili chcemy słuchać. Jak je „oddzielimy" od napięć wzbudzonych w antenie przez dochodzące do niej różne fale nośne innych radiostacji?

Zaraz Ci to wytłumaczę — rzekł pan profesor.

9. Rezonansowe obwody strojone (rezonans równoległy)

Wiemy już, że np. most pod wpływem rytmicznych kroków przechodzącego wojska może „wpaść w rezonans", jeżeli, częstotliwość tych kroków odpowiadać będzie częstotliwości własnych drgań mostu. Jeżeli to nastąpi, wówczas słabe nawet rytmiczne uderzenia kroków mogą powodować silne drgania mostu.

Musicie wiedzieć, że podobnie sprawa przedstawia się i w elektrycznych obwodach rezonansowych. A z czego takie obwody się składają i jak działają, zaraz się dowiecie.



Najczęściej stosowanym obwodem rezonansowym w odbiornikach radiowych jest tzw. **równoległy obwód rezonansowy.** W najprostszej postaci składa się on z cewki, do końcówek której dołączony jest „równolegle" kondensator stały lub zmienny. Jeżeli ten kondensator jest stały i cewka jest bez odczepów lub bez regulacji indukcyjności (np. rdzeniem), wówczas częstotliwość

rezonansowa takiego układu jest ściśle określona. Jeżeli kondensator jest zmienny, wówczas — zależnie od ustawienia jego płytek, czyli od chwilowej pojemności tego kondensatora — częstotliwość rezonansowa obwodu może być taka lub inna. Zmieniać się ona może w dość szerokich granicach, zależnie od pojemności początkowej i końcowej kondensatora równolegle przyłączonego do cewki.

Jak działa taki równoległy obwód rezonansowy?

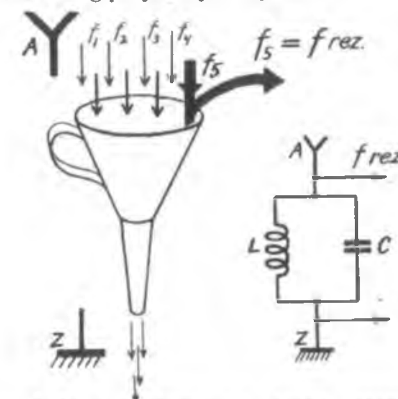
Jeżeli do wspólnych końców cewki i kondensatora „przyłożymy" napięcie zmienne o pewnej częstotliwości, to w przypadku gdy częstotliwość dołączonego prądu będzie równa częstotliwości własnej obwodu, w obwodzie tym wzbudzi się prąd o tej samej częstotliwości, płynący stale przez kondensator i cewkę.

Analogia: — uderzenia kroków na moście — słabe impulsy napięcia przyłożonego do obwodu rezonansowego;

— silne drgania mostu — duży prąd powstały w obwodzie rezonansowym;

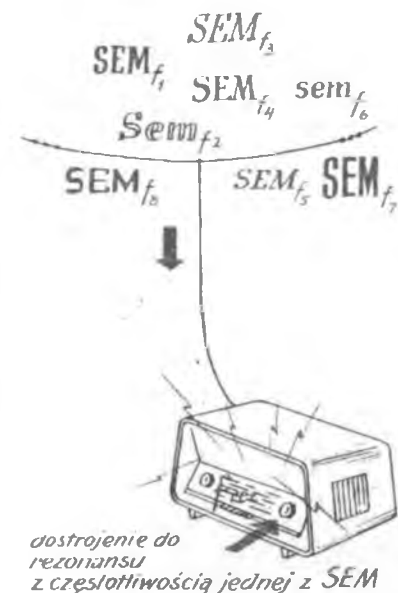
— częstotliwość drgań mostu (= częstotliwości kroków wojska) — częstotliwość powstałego prądu w obwodzie rezonansowym (= częstotliwości przyłożonego z zewnątrz słabego napięcia).

Możemy więc porównać taki obwód rezonansu równoległego jakby do „lejka", przez który wszystkie napięcia o innej częstotliwości, niż wynosi częstotliwość tego obwodu, „spływają do ziemi", nie działają na niego, a tylko napięcia o jednej częstotliwości, równej częstotliwości rezonansowej obwodu, powodują powstawanie napięć na jego końcach; nie spływają one do ziemi, lecz mogą być wykorzystane.



I tu już staje się jasna zasada działania radia.

Wiele w tym samym czasie nadających swój program radiostacji promieniuje w przestrzeń elektromagnetyczne fale nośne, modulowane nadawanym programem.



dostrojenie do rezonansu z częstotliwością jednej z SEM

Antena odbiorcza aparatu radiowego znajduje się zawsze pod działaniem dochodzących do niej wszystkich fal, które wzbudzają w niej nadzwyczaj słabiutkie napięcia o częstotliwościach odpowiadających tym falom. Pamiętacie? W pręcie pod wpływem zmiennego pola magnetycznego wzbudza się SEM, a więc — zmienne napięcie na jego końcach o częstotliwości tego pola. W antenie pod wpływem pola elektromagnetycznego (jest ono zmienne w takt częstotliwości różnych fal nośnych) wzbudza się również słabiutkie napięcie wielkiej częstotliwości, odpowiadającej częstotliwości fali działającej na antenę.

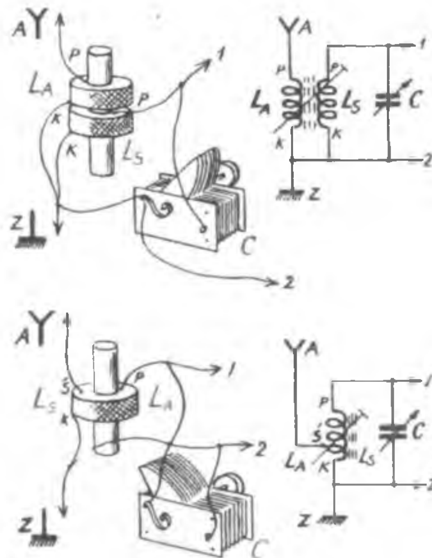
Dzięki obwodowi rezonansowemu można „wydzielić" ze wszystkich wzbudzanych w antenie słabiutkich napięć w. cz. napięcia o częstotliwości, na jaką „nastrojony" jest równoległy obwód rezonansowy. Możemy więc jakby „wyłowić" falę stacji nadającej swój program, jeżeli częstotliwość tego obwodu rezonansowego odpowiada częstotliwości tej fali. Napięcia o tej częstotliwości (modulowane) doprowadzane są następnie do lampy elektronowej lub tranzystora w celu dalszego wzmocnienia.

Stosując w takim obwodzie rezonansowym kondensator „zmienny" zamiast „stałego" możemy zmieniać częstotliwość rezonansową obwodu, a więc możemy dowolnie „wybierać" wzbudzane w antenie napięcia w. cz., czyli możemy się dostrajać do dowolnej częstotliwości fali nośnej lub po prostu — możemy dostrajać się do żądanej fali stacji; możemy „łapać tę stację".

Na tej zasadzie zbudowane są wszystkie strojone „obwody wejściowe" odbiorników radiowych, czyli **obwody tzw. wielkiej częstotliwości** w torze wzmocnienia napięć w. cz., uzyskanych z obwodu antenowego.

Taki prosty równoległy obwód rezonansowy jest **mało selektywny**, czyli słabo wydziela napięcia tylko o jednej częstotliwości; wydziela on także i napięcia o częstotliwościach zbliżonych do rezonansowej, a więc „niedokładnie wydziela jedną stację z wielu innych, pracujących na zbliżonych długościach fal".

Dlatego też stosujemy układy z transformatorami w. cz., czyli z cewkami sprzężonymi oraz z kilkoma obwodami („stopniami") wzmocnienia. W takim przypadku selektywność jest znacznie większa — następuje lepsze oddzielenie fali, do której dostroiliśmy równoległy obwód rezonansowy — od innych fal. Odbiór jest czysty, nie zakłócony audycjami nadawanymi przez inne stacje radiofoniczne.



Na rysunkach podaję Wam dwa z najczęściej spotykanych układów równoległych obwodów rezonansowych dla jednego zakresu falowego, stosowanych na „wejściu" odbiorników radiowych.

Tak, ale fale nośne są przecież modulowane, więc nie tylko musimy dokładnie je oddzielać od siebie (aby nie zakłócały się wzajemnie — **duża selektywność**), lecz również obwody rezonansowe muszę przenosić równomiernie wszystkie drgania elektryczne o częstotliwościach akustycznych, aby otrzymany odbiór był „wierny", tzn. taki, jaki został nadany przez radiostację. Aby Wam to bliżej wytłumaczyć, sięgnę do przykładu. Zaprzęgnijmy do tego bajkowe karzełki.

płot — obwód rezonansowy



Zamieszczony rysunek przedstawia płot (odpowiednik obwodu rezonansowego). Za tym płotem oczekuje mnóstwo różnych grup karzełków (fal różnych stacji), aby przedostać się na jego drugą stronę.

Każda grupa karzełków ubrana jest inaczej (inne długości fal).

Z chwilą usunięcia kilkunastu sztachet z płotu karzełki (fale) przeciskają się przez otwór na drugą stronę. Przez duży otwór w płocie (mała selektywność odbioru) przedostanie się zbyt wielu karzełków różnych grup (fal o różnych długościach).

szeroki otwór w płocie — mała selektywność odbioru radiowego



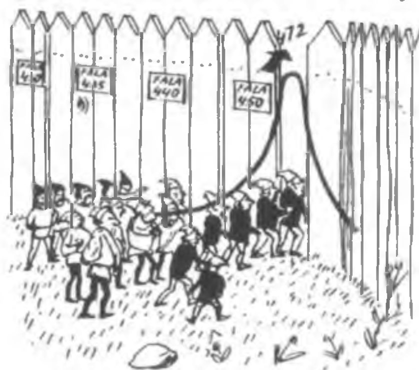
W podobny mniej więcej sposób odbiornik odbiera fale radiowe. Gdy „wejście" dla nich jest zbyt szerokie (pod względem elektrycznym), wiele fal o różnej długości zdoła wówczas równocześnie przedostać się do odbiornika.



Przy zastosowaniu odpowiedniego strojonego obwodu wejściowego możemy wyeliminować fale o długościach, na które w danej chwili obwód ten nie jest nastrojony. Do odbiornika przedostanie się wówczas tylko jedna potrzebna fala, którą przepuści rezonansowy obwód strojony.

Działanie takiego obwodu można porównać do wąskiego otworu w płocie, przez który przedostanie się tylko jedna grupa karzełków (jedna wybrana fala).

wąski otwór w płocie – - duża selektywność odbioru radiowego



Jak wiadomo z poprzednich rozważań, radiowe fale nośne wypromieniowane przez anteny stacji nadawczych pośredniczą tylko w przenoszeniu dźwięków mowy i muzyki na odległość.

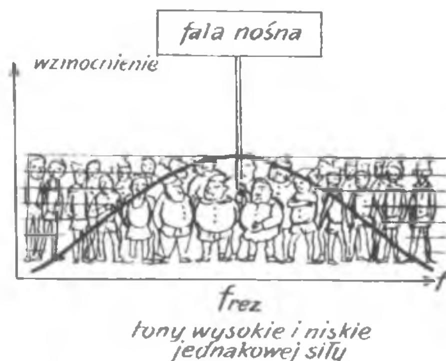
Drgania elektryczne o częstotliwościach akustycznych, przenoszone za pomocą fal do anten, a następnie w postaci prądów do odbiorników, można przedstawić jako tłum karzełków grubych i chudych oraz niskich i stosunkowo wysokich, które symbolizują niskie i wysokie oraz głośne i ciche tony. Karzełki grube (niskie tony) ustawione są w środku grupy (przy częstotliwości fali nośnej), karzełki cienkie — na krańcach grupy (wysokie tony); im są one cieńsze, tym dalej znajdują się od środka grupy.

różne karzełki – – różne dźwięki



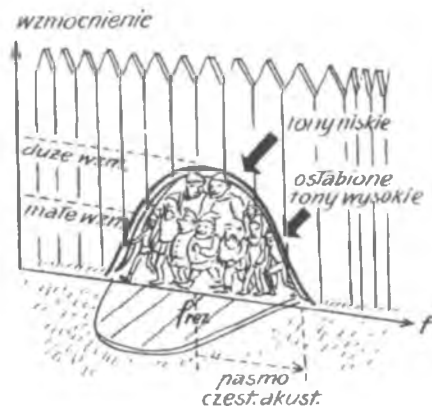
karzełki grube – tony niskie
karzełki cienkie – tony wysokie
karzełki wysokie – tony silne
karzełki niskie – tony słabe

Dzięki zastosowaniu strojonego obwodu wejściowego doprowadzamy do odbiornika tylko jedną falę (grupę karzełków) wraz z całym zakresem dźwięków nadawanych przez radiostację, którymi fala ta jest zmodulowana (z karzełkami o różnej wysokości).



tony wysokie i niskie jednakowej siły

Dźwięki wkraczają do odbiornika zawsze w ściśle określonej kolejności. Przy częstotliwości odpowiadającej wartości fali nośnej znajdują się najniższe tony (grube karzełki), a po jej bokach są tony wyższe (coraz to szczuplejsze karzełki). Karzełki o wysokim wzroście odpowiadają dźwiękom silnym, o niskim zaś — dźwiękom słabym.

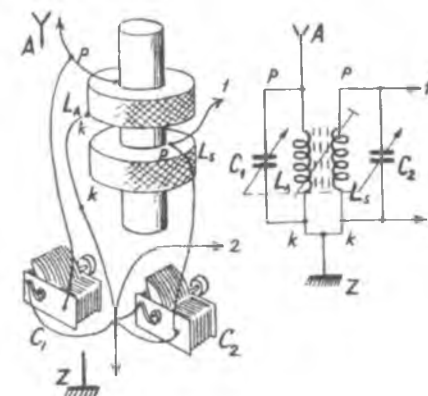


Aby dokładniej zobrazować działanie strojonego obwodu wejściowego, należałoby wyciąć w płocie odpowiedni otwór. Powiedzmy, że otwór wygląda jak na rysunku. Jak widzimy, niskie tony przedostają się wtedy całkowicie, średnie zaś są nieco osłabione. Najbardziej osłabione są jednak tony wysokie (chude karzełki), przechodzą tylko karzełki niskiego wzrostu.

Dla przepuszczenia wszystkich karzełków bez wyjątku, od najgrubszych do najchudszych i najwyższych, bez ograniczeń ich wysokości (a więc dla otrzymania całej skali dźwięków z taką siłą, z jaką nadaje stacja radiofoniczna), należałoby wyciąć w płocie otwór kształtu prostokątnego. W takim przypadku można otrzymać bardzo zbliżoną do naturalnego brzmienia audycję, gdyż „wysokie tony" nie będą sztucznie osłabione przy przechodzeniu przez obwody odbiornika.



Umożliwia to tzw. **filtr wstęgowy**, włączony do odbiornika w miejsce zwykłego, strojonego obwodu wejściowego.



Filtr taki w najprostszej postaci złożony jest z dwóch sprzężonych ze sobą i strojonych równocześnie obwodów rezonansowych. Działanie filtru wstęgowego jest podobne do działania zwykłego strojonego obwodu wejściowego, lecz prócz dużego

zwiększenia selektywności odbiornika umożliwia on również znacznie dźwięczniejszy odbiór audycji, zwłaszcza muzycznych.

Wykonanie filtru wstęgowego jest bardziej skomplikowane niż prostego strojonego obwodu wejściowego, lecz działanie jego jest znacznie lepsze.

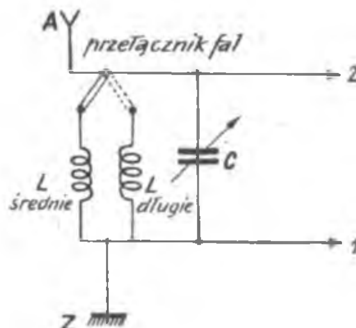
Panie Profesorze! A w jaki sposób możemy odbierać audycje stacji radiofonicznych nadających swój program na falach znajdujących się w różnych „zakresach falowych"? Co za zadanie spełnia tzw. **przełącznik zakresów falowych**, umożliwiających odbiór stacji pracujących na falach krótkich, średnich albo długich lub UKF? — spytał Wojtuś.

Mój Drogi — odpowiedział pan profesor. — Sam sobie właściwie już dałeś odpowiedź na swoje pytanie. Uzupełnię Ci ją tylko nieco.

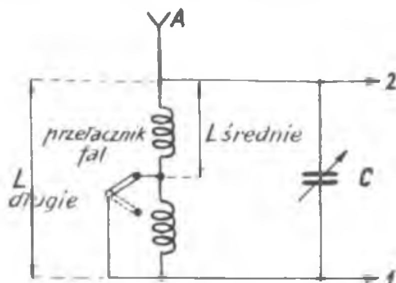
W odbiornikach cewki strojonych obwodów rezonansowych zwykle nie mają możliwości tak dużej zmiany swojej indukcyjności przez pokręcenie rdzeniem ferromagnetycznym, aby zmieniając ją można było pokryć każdy zakres falowy. Dlatego też w układach rezonansowych stosujemy kondensator zmienny, umożliwiający przez zmianę swej pojemności od około 30 pF do około 500 pF dostrajanie do rezonansu z częstotliwościami fal jednego zakresu.

Dla różnych zakresów falowych cewki muszą mieć różną ilość zwojów; najmniej — dla UKF i krótkofalowego, najwięcej — dla zakresu długofalowego.

Wobec tego „przełącznik zakresów" dołącza do kondensatora zmiennego odpowiednie cewki, umożliwiając dostrojenie obwodu do rezonansu z częstotliwością fali takiego lub innego zakresu falowego.



Przy przełączaniu cewki mogą być całkowicie wymieniane lub do cewek o zakresie krótszych fal dołączane są dodatkowe cewki, tworząc łącznie potrzebną ilość zwojów (a więc — potrzebną indukcyjność) do odbioru zakresu dłuższych fal.



Niech to Wam wystarczy z wiadomości o dopasowaniu obwodu rezonansowego do odbioru takiego lub innego zakresu falowego.

10. Eliminatory. Szeregowe obwody rezonansowe

Bardzo często zdarza się, że odbiór audycji nadawanych przez słabe lub dalekie radiofoniczne stacje nadawcze zakłócany jest audycjami nadawanymi przez silną i bliską radiostację lokalną. Audycje stacji lokalnej „przebijają" w odbieranych audycjach innych stacji. Zjawisko to szczególnie silnie daje się odczuwać w pobliżu stacji lokalnej i przy odbiornikach niskiej klasy (np. „detektorowych" lub nawet — lampowych, lecz z małą ilością obwodów rezonansowych, zwiększających selektywność odbioru).

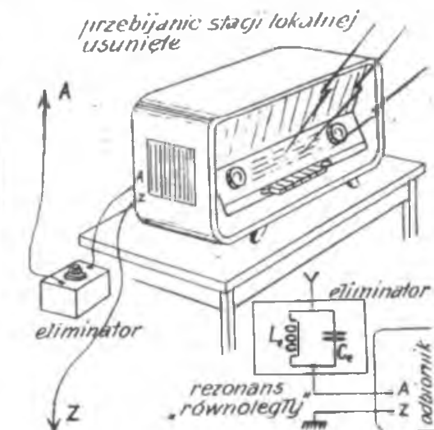


W takim przypadku na „wejściu" odbiornika stosujemy specjalny filtr, zwany eliminatorem, który ma za zadanie stłumienie „przebijania stacji" przy odbiorze audycji z innych stacji radiowych.

Są dwa sposoby usuwania tego rodzaju zakłóceń: 1 — przez niedopuszczenie do odbiornika otrzymywanych z anteny odbiorczej prądów w. cz., powstających od fali zakłócającej, oraz 2 — przez usunięcie tych prądów „do ziemi", zanim dopłynęłyby do odbiornika.

Znany już nam równoległy obwód rezonansowy działa, w pewnym sensie, jak „korek". Nie przepuszcza on przez siebie prądów o częstotliwości, przy jakiej występuje w nim rezonans, natomiast prądy o innych częstotliwościach łatwo przez niego przechodzą.

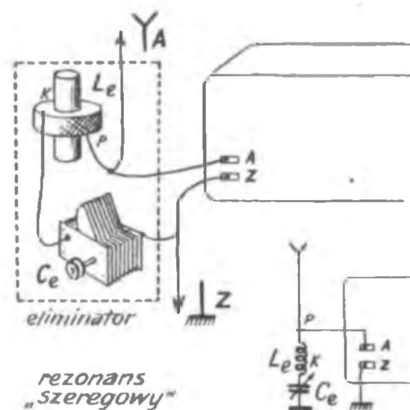
Jeżeli taki obwód włączymy między antenę i odbiornik, a więc „szeregowo" z anteną, oraz dostroimy do częstotliwości fali nośnej stacji lokalnej, zakłócającej czysty odbiór, to audycje nadawane przez inne radiostacje odbierane będą czysto, a audycje nadawane przez silną stację lokalną będą nieco tylko osłabione. „Przebijania" audycji stacji lokalnej znikną; zakłócenia te nie zostaną dopuszczone do odbiornika.



Gdybyśmy cewkę i kondensator zmienny połączyli ze sobą nie równolegle, jak poprzednio, lecz „szeregowo" i włączyli cały ten układ nie między antenę i gniazdko antenowe odbiornika (w szereg z anteną), lecz równolegle do odbiornika, a więc — między antenę i uziemienie (między gniazdka *A* i *Z* w odbiorniku), to otrzymalibyśmy również filtr eliminujący zakłócenia w odbiorze, powstałe ze strony silnej nadawczej stacji lokalnej.

Połączone w ten sposób ze sobą cewka i kondensator tworzą tzw.

szeregowy obwód rezonansowy, który działa jak gdyby „lejek” dla przepływu prądów o częstotliwości,



z którą obwód ten jest w rezonansie. Dla tych prądów elektryczna oporność układu rezonansowego jest bardzo mała, więc spływają one z anteny wprost do ziemi, natomiast dla prądów o innych częstotliwościach oporność ta jest bardzo duża; nie spływają one do ziemi, lecz dochodzą do obwodu wejściowego w odbiorniku. W ten sposób przed „wejściem” do odbiornika napięcia w. cz., powstałe w antenie od zakłócającej silnej stacji nadawczej zostają „zwarte” do ziemi; audycje z innych radiostacji odbierane będą bez zakłóceń, a lokalna stacja odbierana będzie również, lecz tylko nieco słabiej.

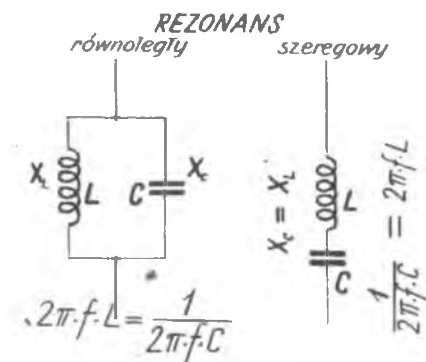
Naturalnie, tak w jednym, jak i w drugim przypadku, filtr musi być dostrojony do częstotliwości fali nośnej „przebijającej” stacji lokalnej. Dostrojenie to wykonuje się jednorazowo przez zmianę pojemności kondensatora C_e lub rzadziej — przez zmianę indukcyjności cewki L_e.

Panie Profesorze — wtrącił jak zwykle ciekawy Wojtuś. — Czy można obliczyć potrzebną indukcyjność cewki L_e lub pojemność kondensatora C_e dla znanej częstotliwości rezonansowej, która np. odpowiada interesującej nas fali nośnej stacji radiofonicznej? Albo czy można, znając indukcyjność L_e i pojemność C_e, obliczyć, do jakiej częstotliwości rezonansowej obwód „równoległy” lub „szeregowy” jest dostrojony? Może to przecież przydać się w praktyce?

— Masz rację Wojtusiu. Może się to Wam przydać.

Nie chciałbym jednak komplikować Wam zrozumienia elementarnych wiadomości z radiotechniki, a więc w skrócie tylko Wam o tym powiem.

Wiecie już, że oporność bierna pojemnościowa kondensatora wynosi $X_c = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$, a oporność bierna indukcyjna cewki — $X_L = 2\pi f \cdot L$.



Widzicie, że oporności te „jakby sobie przeciwdziałają”, bo gdy częstotliwość f np. rośnie, zwiększa się X_L, a zmniejsza X_C — i odwrotnie.

$$f_{rez} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L_H \cdot C_F}}$$

Rezonans zachodzi wówczas, gdy obie te oporności są sobie równe, a więc gdy:

$X_C = X_L$, czyli

$$\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

lub $$\frac{1}{6{,}28 \cdot f \cdot C} = 6{,}28 \cdot L.$$

Podstawiając do tej zależności dwa znane elementy, można obliczyć zawsze trzeci element (f; L; C;), a więc i częstotliwość rezonansową; nazwijmy ją — f_{rez}.

$$f_{rez.} = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad \text{Hz},$$

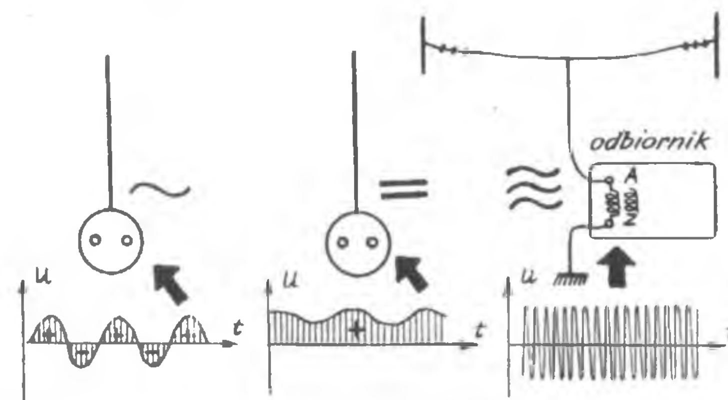
czyli: $$f_{rez.} = \frac{1}{6{,}28\sqrt{L \cdot C}} \quad \text{Hz}.$$

Pamiętać trzeba, że w tym wzorze indukcyjność L należy wyrażać w jednostkach henrach (H), a pojemność — w faradach (F). Liczba $\pi = 3{,}14$. Częstotliwość otrzymamy wtedy w hercach (Hz).

Te wiadomości Wam wystarczą. Przejdziemy teraz do innych wiadomości.

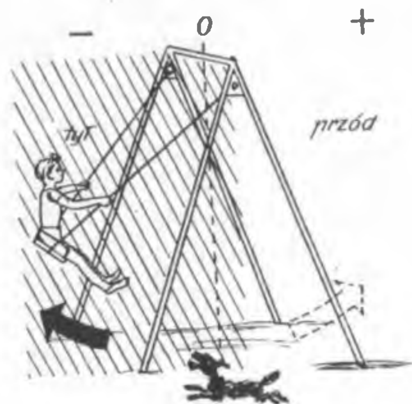
11. Prąd zmienny i jego „prostowanie”

Prąd zmienny otrzymywany z sieci energetycznej lub uzyskany z obwodów rezonansowych odbiornika i w ogóle każdy prąd zmienny można zamienić na **prąd jednokierunkowy — pulsujący** z częstotliwością prądu zmiennego. Prąd taki nie zmienia swojego „znaku”, a więc i kierunku swojego przepływu, lecz



pulsuje w takt częstotliwości prądu zmiennego, z którego powstał.

Aby dokładnie wytłumaczyć, na czym ta zamiana polega, posłużmy się przykładami.



Dziecko buja się na huśtawce wołając: „w przód" — „w tył". Ruchowi naprzód odpowiada okrzyk — „w przód", do tyłu zaś — „w tył". Na zamieszczonym rysunku wprowadzono jeszcze dodatkowe oznaczenia „przód" określamy plusem (+), „tył" zaś — minusem (—). Podczas ruchu huśtawka znajduje się w pozycji dodatniej lub ujemnej albo między nimi. Tę pośrednią pozycję huśtawki oznaczono przez zero (0).

Ruch huśtawki można przedstawić graficznie w postaci ciągłej krzywej falistej, zwanej **„sinusoidą"**. Linia ta przebiega na przemian nad- i pod linią zerową. Taki sam kształt ma krzywa przedstawiająca prąd zmienny (sinusoida).

Dziewczynka zatrzymuje huśtawkę w momencie jej największego wychylenia po stronie dodatniej. Odpowiada to punktowi *A*, oznaczonemu na linii falistej.

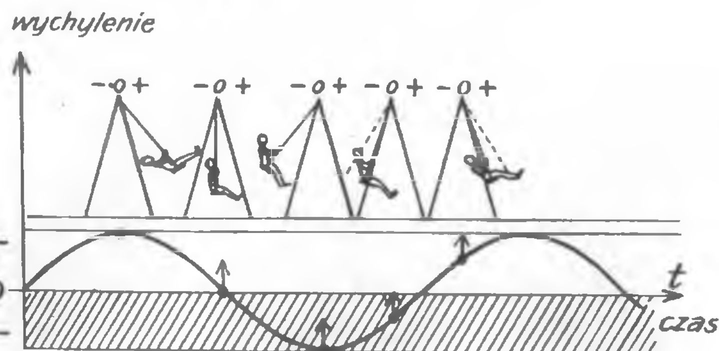
Inne wychylenie huśtawki, w pozycji oznaczonej punktem *B* na rysunku, jest mniejsze niż w poprzednim przypadku.

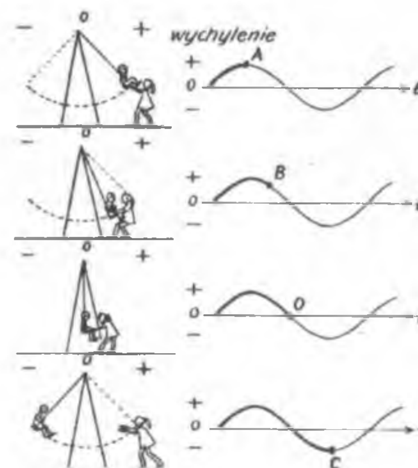
Może w ogóle nie być wychylenia. Punkt „0" przypada na tzw. „linii zerowej".

Huśtawka wychyla się w drugą stronę. Największe jej wychylenie odpowiada najniższemu punktowi C na krzywej, po stronie „minusowej".

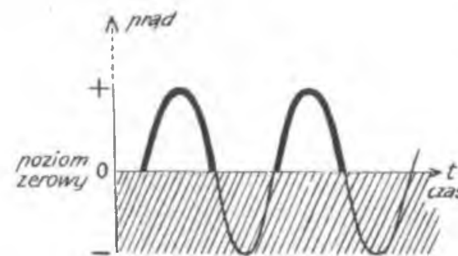
Prąd zmienny podobnie narasta i maleje oraz zmienia swój „znak", a więc i kierunek przepływu. Wykres przebiegu takiego prądu jest — jak już wiecie — „sinusoidą".

Aby z krzywej prądu zmiennego płynącego raz w jedną, raz w drugą stronę, na zmianę, można było otrzymać krzywą prądu płynącego tylko

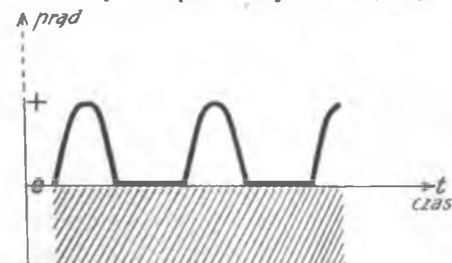




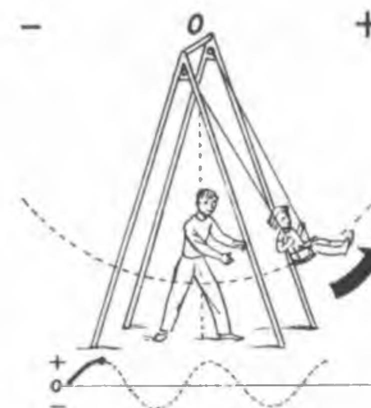
w jednym kierunku, należy jedną, np. dolną część tej krzywej (zakres ujemny), usunąć.



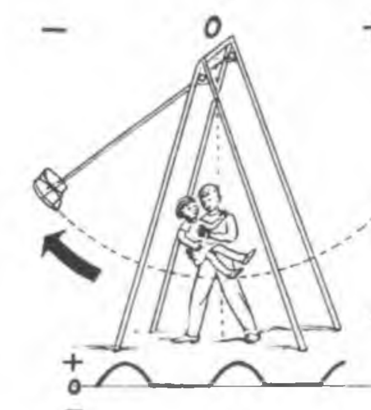
W przykładzie z huśtawką takie zjawisko będzie następować wtedy, gdy chłopiec stojący w „punkcie zerowym" będzie zdejmować dziecko



w momencie przechodzenia huśtawki ze strony „plusowej" na „minusową".



Huśtawka porusza się dalej, a potem podobnie powraca do „położenia zerowego". W tym momencie dziecko znów zostaje umieszczone na huśtawce i wznosi się tylko „na-



przód" (w zakresie dodatnim). Nakreślona krzywa przedstawia **jednokierunkowy prąd — pulsujący**, jaki otrzymuje się w rezultacie prostowania prądu zmiennego.

Panie Profesorze — wtrącił znów Wojtuś. — A po co my właściwie zamieniamy prąd zmienny na jednokierunkowy prąd pulsujący?

Widzisz Wojtusiu — wyjaśnił pan profesor. — Zamiana prądu zmien-

nego, otrzymywanego z sieci energetycznej, na prąd jednokierunkowy — pulsujący, czyli tzw. **„prostowanie"**, ma na celu **uzyskanie prądu stałego**, potrzebnego do zasilania lamp elektronowych. Prąd stały możemy uzyskać po odpowiednim „wygładzeniu" pulsacji otrzymanego napięcia jednokierunkowego. Pomówimy jeszcze o tym.

Zamiana, czyli „prostowanie" zmiennych prądów wielkiej częstotliwości, otrzymywanych jako rezultat oddziaływania fali radiowej na antenę odbiorczą (po ich wzmocnieniu — odbiorniki radiowe i tranzystorowe oraz bez wzmocnienia — odbiorniki detektorowe: kryształkowe i diodowe), nosi nazwę **„detekcji"**.

Detekcja ta potrzebna jest do oddzielenia drgań elektrycznych małej częstotliwości (akustycznych), którymi modulowana jest fala nośna, od napięć wielkiej częstotliwości, powstałych pod wpływem działania tej fali na antenę odbiorczą. Innymi słowy, chodzi tu o „wydzielenie" otrzymywanych drgań elektrycznych m. cz., które po wzmocnieniu będą zasilać głośnik, dając w rezultacie odtworzenie nadawanej audycji. Bez wzmocnienia tych drgań odbiór można uzyskiwać tylko na słuchawki.

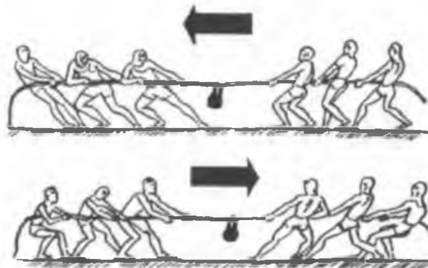
Jak to się dzieje, pomówimy obecnie, przypominając znane już Wam wiadomości.

12. Detekcja w odbiorniku

Posłużymy się jeszcze raz przykładem.

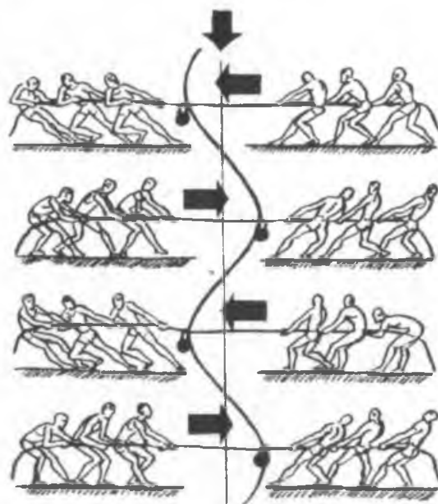
Dwie grupy chłopców ciągną linę na zmianę.

Raz ciągnie linę grupa znajdująca się po lewej stronie, a raz — grupa po stronie prawej tak, jak to oznaczono strzałkami na rysunkach.



Przeciąganie liny odbywa się z jednakową siłą w obie strony i w równych odstępach czasu.

Pośrodku liny jest zawieszony ciężar. Jeżeli chłopcy będą równomiernie przeciągać linę na przemian w obu kierunkach, a niezależnie od tego poruszać się z jednakową prędkością w kierunku strzałki pionowej oznaczonej na rysunku, wówczas ciężar zawieszony na linie będzie przesuwać się po linii krzywej, od-



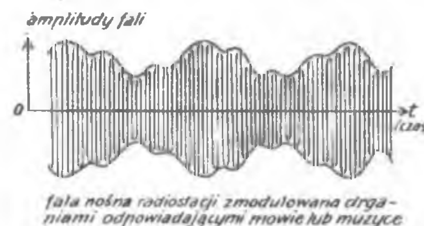
powiadającej swym kształtem linii określającej prąd zmienny.

Wypromieniowaną przez antenę stacji nadawczej falę nośną można podobnie przedstawić graficznie. Fala ta jest nośnikiem drgań elektrycznych o częstotliwościach fal dźwiękowych, dochodzących do mikrofonu, w którym te drgania powstają.

Rozchodząca się w przestrzeni fala jakoby „niesie" na swych „górach" i „dolinach" dźwięki mowy i muzyki, czyli — jak mówimy — jest nimi **zmodulowana**. Natrafiając na antenę odbiorczą, fala „jak gdyby spływa wraz z tymi dźwiękami" po jej doprowadzeniu do odbiornika.

W obwodach strojonych odbiornika odbywają się również podobne drgania prądu w. cz. w obie strony (jedna grupa chłopców ciągnie w prawo, druga zaś — w lewo).

Aby móc oddzielić od napięć o częstotliwości fali nośnej drgania elektryczne odpowiadające dźwiękom, trzeba zastosować odpowiednie urządzenie.



fala nośna radiostacji zmodulowana drganiami odpowiadającymi mowie lub muzyce

Przypomnijmy sobie graficzne przedstawienie zmodulowanej fali nośnej wypromieniowanej z anteny stacji nadawczej.

Jak na rysunku widzimy, modulacja taka „zniekształca" wysokość fali nośnej, przez co w każdej chwili zmienia się jej amplituda, zgodnie z odpowiednimi „niesionymi" przez nią dźwiękami mowy i muzyki, a więc — wraz z drganiami elektrycznymi, będącymi odpowiednikami tych dźwięków.

Jak już wiemy, taki rodzaj modulacji nazywa się „modulacją amplitudy" i oznacza się ją literami „AM".

Modulację tę stosuje się przy nadawaniu audycji przez stacje radiofoniczne pracujące w zakresie fal długich, średnich i krótkich.

Tak modulowana fala nośna oddziałuje na antenę odbiorczą. Napięcia zmienne uzyskane z obwodu „wejściowego", dostrojonego do rezonansu z tą falą, muszą być zdetektowane („wyprostowane") w ten sposób, aby pozostały tylko „połówki" należące do tego samego znaku. Bez detekcji obie połówki napięcia będące w zakresie ujemnym i dodatnim przeciwdziałają sobie, w wyniku czego nie można uzyskać żadnego odbioru.



jednokierunkowe drgania prądu powstającego po zdetektowaniu zmodulowanej fali nośnej

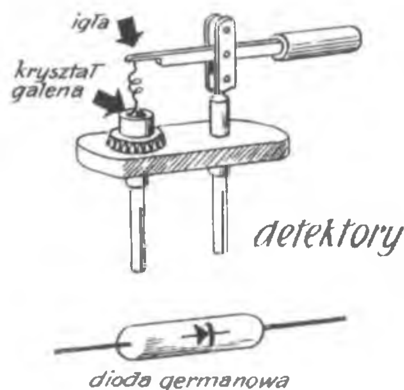
Powyższy przykład z liną i dwiema grupami chłopców można by przedstawić jeszcze inaczej. Wypromieniowana przez antenę stacji nadawczej fala „nośna" niesie jakby na sobie drgania elektryczne odpowiadające drganiom fal powietrznych (akustycznym) dźwięków muzyki i mowy, czyli jest nimi **modulowana**.

„Fala taka" dochodzi przez antenę odbiorczą do odbiornika. W odbiorniku prostownik (detektor) „obcina" jedne połówki fali; w praktyce nazywamy to często „detekcją" fali.

Prostowanie takie dokonuje się w tzw. **detektorze.**

Pozostałe po zdetektowaniu jedne połówki „modulowanej fali" dają odpowiednio drgający prąd, płynący tylko w jednym kierunku, który może już być zamieniony na drgania mechaniczne membrany w słuchawkach lub głośnikach.

Mechaniczne drgania membrany w słuchawkach lub głośnikach powodują drgania otaczającego powietrza, które dochodząc do uszu powodują to, że słyszymy nadawaną audycję.



dioda germanowa

W każdym odbiorniku bez lamp prostownikiem takim jest **detektor kryształkowy** (stykowy) **lub diodowy** (np. germanowy). „Odcina" on jedną połówkę przepływającego prądu i przepuszcza tylko drugą.



symbol detektora

kierunek przepływu prądu elektr.

W wyniku tego przy przepływie przez detektor prądu zmiennego (otrzymywanego z obwodu antenowego) przepuszczane zostają tylko te „połówki" prądu, które płyną w tym samym kierunku, a więc mają ten sam znak. Prąd ten jest więc „jednokierunkowy" i „pulsuje" w takt modulacji, a więc w takt przekazywanych drgań odpowiadających dźwiękom muzyki i mowy. Może on już zasilać słuchawki lub głośnik.

Diody krystaliczne (np. germanowe) mają wyższość nad zwykłymi detektorami kryształkowymi (np. galenowymi), gdyż nie wymagają kłopotliwego wyszukiwania igłą na powierzchni kryształu najbardziej „czułego" miejsca, pozwalającego na uzyskanie silnego i czystego odbioru; są one nienastawiane — detektują stale.

Zamiast detektora kryształkowego lub diody germanowej można stosować **detektor lampowy lub tranzystorowy.** Odbiór będzie wówczas silniejszy, gdyż lampa lub tranzystor poza detekcją również wzmacnia otrzymane z anteny sygnały. Tej właściwości nie mają detektory kryształkowe i diody germanowe.

Należy przypomnieć o innym jeszcze, a stosowanym coraz częściej sposobie modulacji (w zakresie UKF), a mianowicie modulacji częstotliwości.

Modulacja taka polega na tym, że na podstawową częstotliwość fali nośnej stacji, np. 60 000 000 Hz (60 MHz), nakłada się w odpowiedni sposób częstotliwości proporcjonalne do drgań elektrycznych, będących odpowiednikami dźwięków mowy i muzyki.

Częstotliwość fali nośnej, która jest bardzo duża, rzędu milionów herców, przy takiej modulacji ulega zmianie procentowo niewiele, co nie przeszkadza w dostrojeniu aparatu radiowego do dobrego odbioru tej fali, a wystarcza do odpowiedniego przeprowadzania jej detekcji.

Ten system modulacji może być stosowany tylko przy falach ultrakrótkich (UKF), które mają bardzo wielkie częstotliwości. Tylko w tym przypadku bowiem możliwe jest uzyskanie tak małych zmian częstotliwości fali nośnej, które by pozwalały na dostrojenie obwodów aparatu odbiorczego przy przepuszczeniu przez jego obwody całej „wstęgi" częstotliwości akustycznych (16...15 000 Hz) aż do detektora, który oddzieli je od siebie.

Jak się odbywa detekcja napięć pochodzących od tak zmodulowanej fali?

Przed detekcją napięcie o zmiennej częstotliwości (FM) należy przekształcić w napięcie o zmiennej amplitudzie (AM).

Po przeprowadzeniu takiej zamiany detekcja odbywa się już normalnie jak przy odbiorze fal (AM) zakresu długo-, średnio- i krótkofalowego.

Musicie sobie zapamiętać, że bez detekcji nie ma odbioru radiowego.

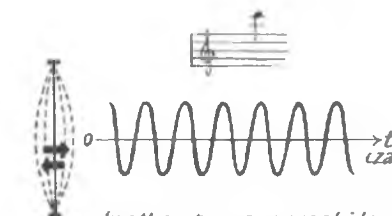
13. Zamiana prądów małej częstotliwości na dźwięki

Aby łatwiej zrozumieć, w jaki sposób następuje zamiana zdetektowanych prądów na dźwięki, należy zaznajomić się najpierw ze zjawiskiem powstawania samych dźwięków.

Drgania struny można wywołać przez pociąganie po niej smyczkiem lub przez szarpanie.

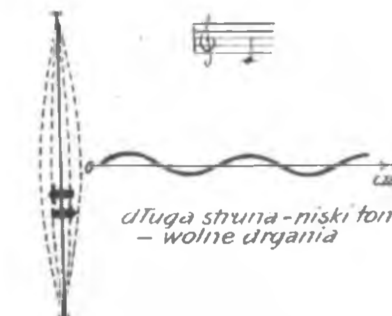


Długa lub gruba struna wywołuje niski ton, krótsza i cieńsza struna da ton wyższy od poprzedniego, a bardzo krótka i bardzo cienka — ton bardzo wysoki.



krótka struna - wysoki ton - bardzo szybkie drgania

Do otrzymania bardzo wysokiego tonu nie można stosować takiego instrumentu muzycznego, który ma długie struny, np. wiolonczeli.



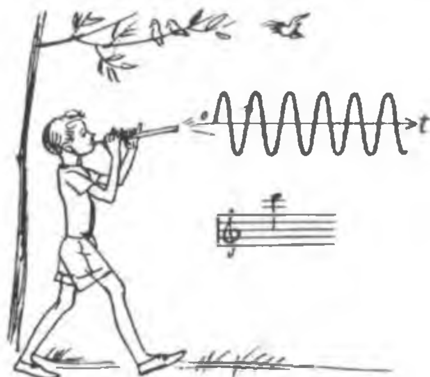
długa struna - niski ton - wolne drgania

Drgania długiej struny są bardzo powolne. Wychylenia jej od stanu równowagi (spoczynku), przebiegające w czasie podczas drgań, można przedstawić graficznie w postaci linii krzywej (sinusoidy).

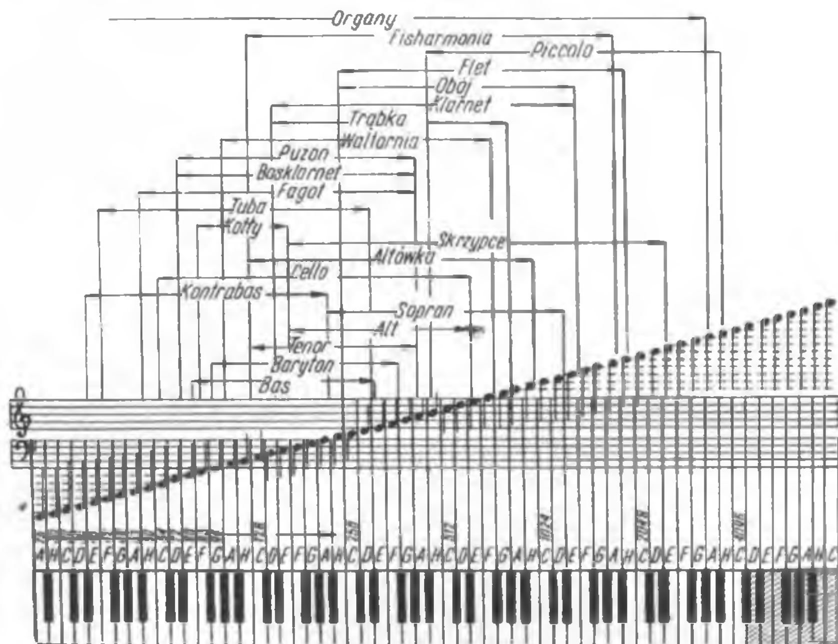


Krótsze struny drgają szybciej niż długie. Szybszym drganiom odpowiadają wyższe tony. Krzywa wysokiego tonu ma krótszą fale.

Drgająca struna skrzypiec, fortepianu itp. wytwarza naokoło siebie drgania powietrza. Drgające, zgodnie z rytmem struny, powietrze daje efekt akustyczny — **ton**. W trąbkach,



fletach, piszczałkach organowych itp. instrumentach dętych drga słup powietrza, który daje ton odpowiedniej wysokości.



O wysokości tonu decyduje ilość drgań w ciągu jednej sekundy. Zamieszczony wykres podaje ilość drgań w sekundzie (Hz) dla różnych instrumentów muzycznych oraz skalę ich tonów.

Ilość drgań w ciągu jednej sekundy nazywa się częstotliwością i wyraża się w hercach (Hz).

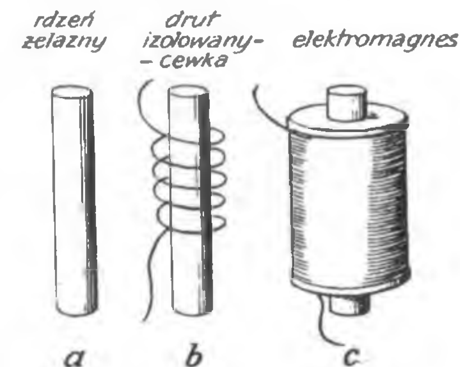
Ponieważ drgania częstotliwości akustycznych są bardzo powolne w porównaniu z drganiami prądu w antenie nadawczej, przeto nazwano je drganiami małej częstotliwości.

Dźwięki mogą być wywołane nie tylko przez instrumenty muzyczne. Uderzenia skrzydeł muchy również dają efekt akustyczny — brzęczenie.

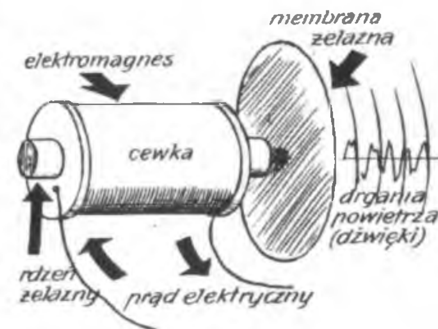


W podobny sposób drga membrana głośnika lub słuchawek, wywołując przez to drgania otaczającego powietrza, a więc i powstawanie słyszalnych dźwięków.

Prądy m. cz., płynące w odbiorniku po zdetektowaniu, mają drgania (częstotliwości) odpowiadające dźwiękom mowy i muzyki wytwarzanej przed mikrofonem w rozgłośni radiowej.



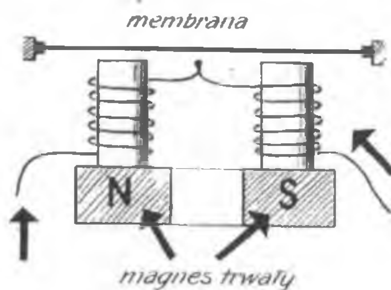
W celu zamiany tych prądów na dźwięki, w słuchawce stosuje się najczęściej elektromagnes *c*, składający się z rdzenia żelaznego *a*, na którym znajduje się cewka z dużą ilością zwojów drutu izolowanego *b*.



Pod wpływem prądów m. cz., płynących przez cewkę elektromagnesu, włączoną do gniazd głośnikowych odbiornika, następuje zmie-

niające się magnesowanie rdzenia w takt drgań prądu. Rdzeń ten wówczas przyciąga silniej lub słabiej znajdującą się w pobliżu membranę, wykonaną z cienkiej blachy żelaznej. W wyniku przyciągania membrany przez rdzeń elektromagnesu w rytmie zmian natężeń płynących prądów zaczyna ona drgać, wywołując słyszalne dźwięki.

W taki więc sposób następuje zamiana prądów elektrycznych małej częstotliwości na dźwięki, które słyszy radiosłuchacz.

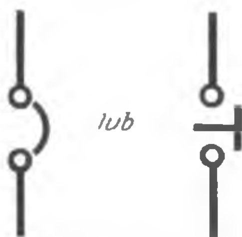


Dla polepszenia sprawności słuchawki, a więc i zwiększenia siły odtwarzanych dźwięków, ich czystości oraz wierności, odpowiedni rdzeń magnesu umocowany jest do „biegunów" silnego magnesu trwałego. Magnes trwały utrzymuje znajdującą się w bliskości elektromagnesu membranę w stałym napięciu mechanicznym, nie pozwala jej drgać szkodliwymi, własnymi drganiami, spaczającymi wierność i czystość odtwarzanych dźwięków, a także powoduje znaczne powiększenie siły tych dźwięków.

Słuchawki należy chronić przed upadkiem i uderzeniami, gdyż powoduje to osłabienie magnesu trwałego, a przez to — i osłabienie odtwarzanych dźwięków, brzęczenie membrany i psucie czystości otrzymywanych audycji.



Musicie również wiedzieć, że przy włączaniu słuchawek w obwód lampy wzmacniającej odbiornika trzeba zachować „biegunowość podłączenia". Przewód słuchawek, oznaczony na oplocie kolorową (często — czerwoną) nitką, trzeba włączać do gniazdka „+" połączonego z baterią, drugi przewód, nie oznaczony, trzeba włączać do gniazdka połączonego z tzw. anodą lampy. Odwrotne włączenie słuchawek może spowodować rozmagnesowanie jej magnesu trwałego, a więc i zmniejszenie siły odtwarzanych dźwięków.



symbole słuchawek radiowych

Do odbiorników detektorowych, nie zasilanych baterią elektryczną, słuchawki można włączać dowolnie, bez zwracania uwagi na ich biegunowość.

Na rysunku przedstawiono schematyczne oznaczenie słuchawek radiowych.

14. Głośnik

W poprzednich rozważaniach była już mowa o zamianie zdetektowa-



nych prądów płynących w odbiorniku na dźwięki mowy i muzyki.



Omówiono również pobieżnie działanie słuchawek. W podobny mniej więcej sposób działa każdy głośnik.

W początkach rozwoju radiofonii pierwsze głośniki składały się z tuby przymocowanej do otworu słuchawek.

Siła głosu otrzymywana za pomocą takiego głośnika nie wystarczała jednak dla większego audytorium. Z biegiem czasu zaczęto produkować specjalne mechanizmy głośnikowe z silnymi magnesami i większą membraną, umocowane w okrągłym pudełku zaopatrzonym w tubę.

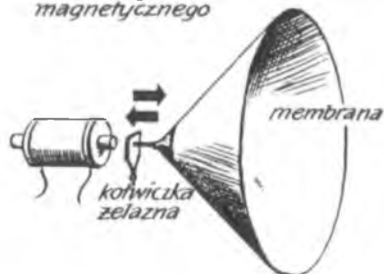


Następnie zastąpiono tubę bardzo dużą membraną.

Duże membrany były wykonywane z papieru, cienkiej tektury, preszpanu, pertinaksu lub trolitaksu, a nawet z cienkiego drewna. Membrany takie najczęściej miały kształt stożka.

Ponieważ elektromagnes (nabiegunniki magnesu trwałego z cewkami) nie mógł oddziaływać bezpośrednio na membranę stożkową wykonaną np. z papieru, przeto sto-

żek osadzano na metalowym pręciku, którego drugi koniec był zaopatrzony w małą cienką płytkę żelazną. Drgania przyciąganej lub



odpychanej przez elektromagnes płytki przenosiły się za pomocą pręcika na membranę stożkową. Głośnik z membraną stożkową umocowywano wówczas w odpowiedniej obudowie i na podstawce, a mechanizm zamykano w małym pudełku, zabezpieczającym przed gromadzeniem się kurzu. Wiele odmian



głośników miało również śruby regulujące odległość między drgającą płytką żelazną a nabiegunnikami magnesu w celu uzyskania największej „czułości" urządzenia, a przeto i największej siły głosu odtwarzanych audycji.

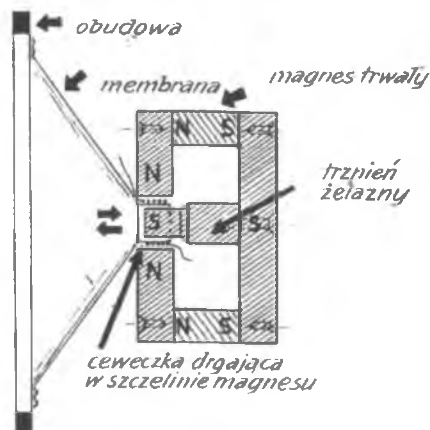
Były również głośniki tego samego typu, wbudowane do efektownych skrzynek drewnianych.

Opisane odmiany głośników nazwano **magnetycznymi.**

Poza wymienionymi odmianami głośników istnieją jeszcze inne, tzw. głośniki **elektrostatyczne**, czyli kondensatorowe, **piezoelektryczne** (kwarcowe) oraz najpopularniejsze dzisiaj – **dynamiczne**, które znajdują zastosowanie w nowoczesnych odbiornikach.

Głośniki dynamiczne mają bardzo silny magnes trwały, najczęściej w kształcie kubka lub podobny w kształcie elektromagnes, który wytwarza bardzo silne pole magnetyczne, potrzebne do sprawnego działania głośnika.

Pole to powstaje na skutek przepływu prądu stałego o odpowiednim natężeniu poprzez zwoje tzw. **„cewki wzbudzenia"**, nawiniętej na żelaznym rdzeniu elektromagnesu.



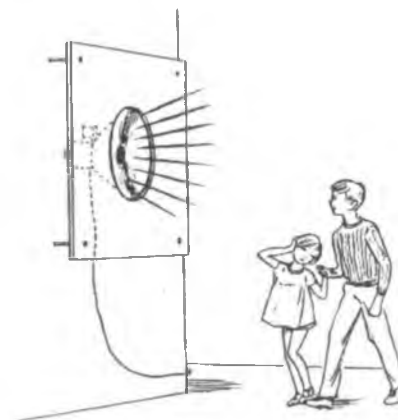
UKŁAD GŁOŚNIKA DYNAMICZNEGO

W głośnikach dynamicznych drga lekka cewka i jej drgania przeno-

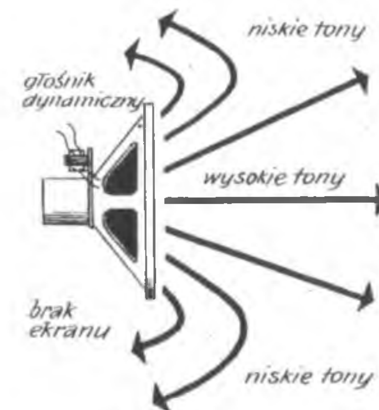
szone są na papierową membranę, do której jest ona z jednej strony przymocowana. Cewka ta zawieszona jest swobodnie, w szczelinie magnesu (lub elektromagnesu) mającej kształt pierścienia.

Pod wpływem przepływu przez jej zwoje prądu o częstotliwościach akustycznych oraz wspólnego oddziaływania na siebie prądu i strumienia magnetycznego magnesu powstają siły powodujące drgania cewki, zgodne z częstotliwością drgań (wartościami chwilowych natężeń) prądu przepływającego przez zwoje tej cewki, a więc i drgania papierowej membrany z nią połączonej.

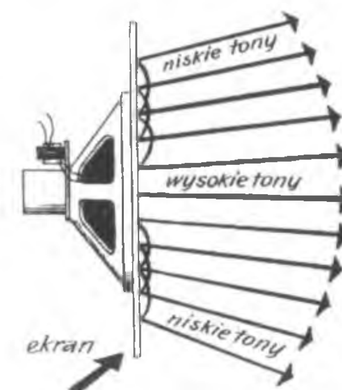
Widzimy więc, że w głośnikach dynamicznych drga ceweczka, a nie kotwiczka żelazna jak w głośnikach magnetycznych. Głośniki takie stosowane są łącznie z transformatorem dopasowującym oporność „wyjścia" odbiornika do oporności cewki „drgającej".



Głośniki dynamiczne często są umocowane na tzw. **ekranie**. Jest to duża deska wykonana z grubej sklejki, zaopatrzona pośrodku w otwór odpowiadający średnicy membrany głośnika. Ekran zastosowany do głośnika wpływa dodatnio na równomierne odtwarzanie szerokiej skali tonów.



Wysokie tony odtwarzane przez głośnik rozchodzą się wzdłuż linii prostych, prostopadle do płaszczyzny deski, tak jak to przedstawia zamieszczony rysunek. Niższe tony natomiast ulegają uginaniu.



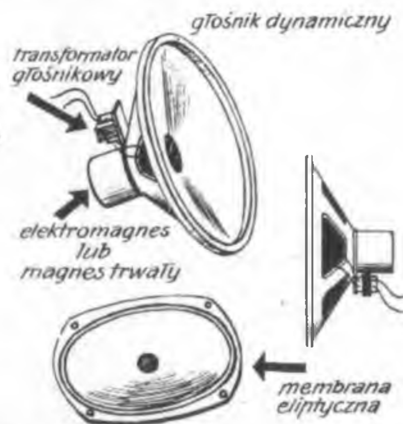
Dzięki stosowaniu ekranu zostają „uwypuklone" tony niskie.

Pamiętać trzeba, że im membrana głośnika ma większą średnicę, tym

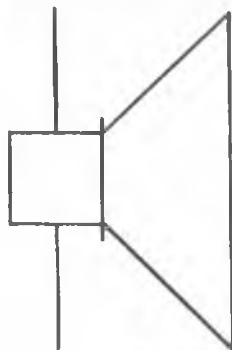
lepiej odtwarzane są niskie tony (np. basy); im średnica ta jest mniejsza, niskie tony odtwarzane są słabiej, natomiast silniej tony wysokie.

Dla jakościowo dobrego odtwarzania audycji muzycznych wykonywane są często specjalne tzw. **kolumny głośnikowe**, składające się z dwu lub kilku głośników umocowanych na wspólnym ekranie i obudowane. Podobnie wykonywane są i **szafy głośnikowe** oraz nowoczesne odbiorniki radiofoniczne.

W takim przypadku głośniki odpowiednio się dobiera. Tworzy się ich zespół składający się z głośników o dużej membranie („niskotonowe") oraz o małej membranie („wysokotonowe") odpowiednio rozstawionych na desce ekranu lub w skrzynce odbiornika radiofonicznego.



Buduje się również głośniki o wysokiej jakości odtwarzania dźwięków, które mają membranę nie w kształcie koła, lecz — elipsy oraz często wewnątrz jej powierzchni mają umocowany tzw. rozpraszacz dźwięków lub drugą membranę „wysokotonową". Głośniki takie odtwarzają równomiernie „dużą skalę" dźwięków.

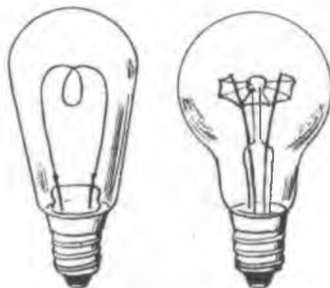


symbol głośnika

Zamieszczony wyżej rysunek przedstawia schematyczne oznaczenie dowolnego typu głośnika.

15. Lampa elektronowa

O stacji nadawczej, rozchodzeniu się fal elektromagnetycznych w przestrzeni oraz o odbiorze tych fal była już mowa w poprzednich rozdziałach. Obecnie zapoznamy się z wykonaniem i działaniem lamp elektronowych, używanych w odbiornikach radiowych.



Zamieszczony wyżej rysunek przedstawia dwie lampy elektryczne

Wykonanie takich lamp jest dość skomplikowane.

W każdej żarówce elektrycznej znajduje się cieniutkie, metalowe włókno. Prąd elektryczny przepływający przez to włókno rozżarza je. Pod wpływem wysokiej temperatury rozżarzone włókno silnie świeci.

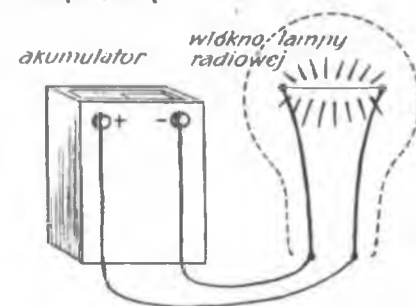
Podobnie, w każdej lampie elektronowej (radiowej) również znajduje się włókno. Połączone jest ono z dwiema nóżkami wyprowadzonymi na zewnątrz — w cokole lampy.



Z płonącego ogniska unosi się **dym** składający się z mikroskopijnych cząstek sadzy i gazów.

Z włókna, znajdującego się w szklanej bańce lampy, z której wypompowano powietrze, po rozżarzeniu przepływającym przez nie prądem elektrycznym również wydzielają się niewidoczne dla oka „chmurki pewnych cząsteczek". Te niewidoczne dla oka cząsteczki nazywają się elektronami.

Na zamieszczonym rysunku elektrony te przedstawiono obrazowo w postaci małych kreseczek, otaczających ze wszystkich stron rozżarzoną katodę.



Elektrony wydzielane z rozżarzonej katody, jak wiemy, są **ujemnymi ładunkami elektryczności**.

Lampy elektronowe, w których włókna rozżarzone przepływającym prądem elekrycznym wysyłają elektrony, nazywamy lampami **„bezpośrednio żarzonymi"**. Włókna takie noszą nazwę **katod**.

Tego typu lampy mają katody, czyli swoje cieniutkie włókna, zasilane najczęściej **prądem stałym**, otrzymywanym z baterii elektrycznej lub akumulatora.



Z umieszczonej nad ogniskiem dużej patelni, na której znajduje się jakiś materiał (np. jajecznica), spalający się pod wpływem temperatu-

ry, w chwili zwęglania wydzielać się będzie dym złożony również z cząstek sadzy i gazów.

Oporowa spirala grzejnika elektrycznego, rozżarzona przepływającym przez nią prądem, nie ogrzewa sama bezpośrednio powietrza, gdyż znajduje się w szamotowym cylinderku.

Cylinderek ten rozgrzany do czerwoności ogrzewa powietrze.



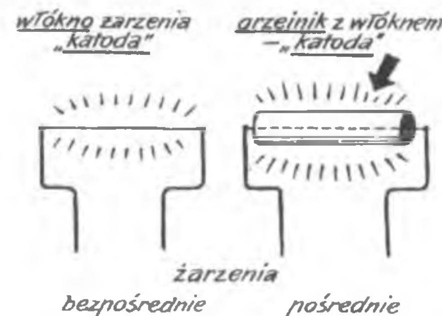
Jeżeli w przepływie prądu przez spiralę występują krótkotrwałe przerwy, duża masa silnie rozgrzanego cylinderka utrzymuje nadal ciepło i ogrzewa w dalszym ciągu powietrze. Gdyby cylinderka tego nie było, cienka spirala stygłaby natychmiast i następowałyby przerwy w ogrzewaniu — do chwili ponownego włączenia prądu elektrycznego i ponownego rozżarzenia spirali. Widzimy więc, że grzejnik elektryczny, mający szamotową lub inną obudowę, mało jest wrażliwy na bardzo krótkie zaniki przepływu prądu przez spiralę i dzięki bezwładności ogrzewa stale. Naturalnie, mający dużą masę szamotowy cylinderek ogrzewa się znacznie wolniej, a przez to i dłużej niż cienka, metalowa spirala.

Podobnie sprawa przedstawia się i w lampach z tzw. **podgrzewaną katodą**. Niewidoczne cząsteczki, zwane **elektronami**, wydzielane są nie bezpośrednio z rozżarzonego włókna, lecz z izolowanego od niego i obejmującego go cylinderka, na powierzchni którego znajduje się nałożona cienka warstwa odpowiednich tlenków metali (np. baru, toru itp.), emitująca te elektrony. Włókno tu jest tylko pośrednikiem służącym do podgrzania cylinderka w celu ułatwienia emitowania elektronów.

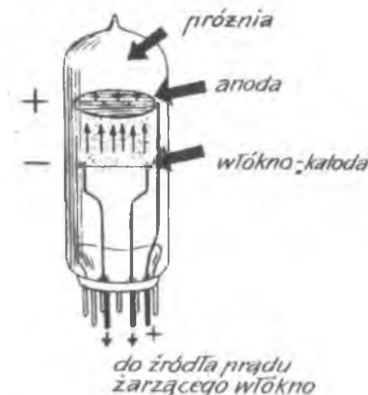
W tych lampach katodą jest cylinderek. Katoda więc jest to elektroda emitująca elektrony. **W lampach o bezpośrednim żarzeniu katodą jest włókno, w lampach o pośrednim żarzeniu — cylinderek.**

Ponieważ cylinderek stygnie wolniej niż cieniutkie włókno, gdyż ma on wielokrotnie większą masę, przeto lampy z pośrednią żarzoną katodą, jako mniej wrażliwą na pulsacje napięcia, używane są w aparatach zasilanych prądem stałym i zmiennym z sieci oświetleniowej. Prąd taki nie jest równomierny, lecz okresowo zmienia wysokość napięcia. Mimo to lampy te pracują „równo", nie powodując słyszalnego z głośnika przydźwięku sieci, tzw. „buczenia". W lampach bezpośrednio żarzonych cienkie włókno jest bardzo wrażliwe na takie zmiany i przy okresowych zmianach wartości zasilającego napięcia okresowo zmienia się ilość elektronów emitowanych z włókna.

W dalszym rozpatrywaniu zjawisk będziemy brać pod uwagę tylko lampę bezpośrednio żarzoną. Zasada działania obu typów lamp jest ta sama. Pamiętać **jednak** należy, że w lampach bezpośrednio żarzonych elektrony emitowane są z żarzącego się włókna nazywanego katodą, natomiast w lampach pośrednio żarzonych — z cylinderka (katody) podgrzewanego żarzącym się włóknem, które w tym przypadku służy tylko jako grzejnik.

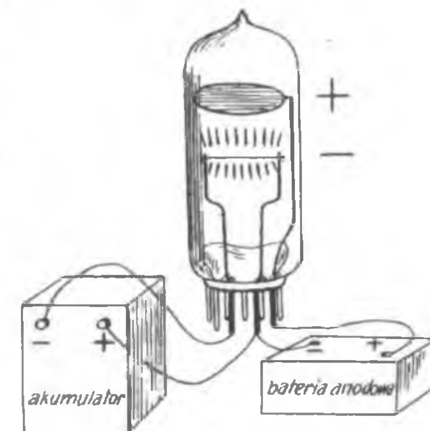


Wyobraźmy sobie teraz, że do takiej lampy wmontowaliśmy metalowy ekranik, płytkę z „wyprowadzeniem" na zewnątrz (w postaci przewodu, nóżki w cokole lub zacisku umieszczonego na wierzchu bańki lampy).



Płytkę tę nazwijmy **anodą**.

Jeżeli tę anodę „naładujemy" **dodatnio**, wtedy zacznie ona przyciągać ujemne elektrony i wytworzy się ich ciągły ruch w kierunku od katody do anody. W ten sposób powstaje **strumień elektronów płynących od katody do anody lampy.** Strumień elektronów może płynąć w lampie tylko wówczas, gdy we wnętrzu lampy jest wysoka próżnia. Jeżeli będzie powietrze, nie będzie strumienia elektronów.

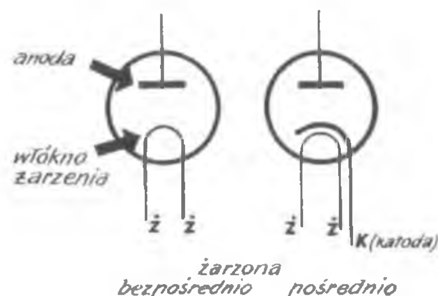


Aby „naładować" dodatnio anodę, łączymy ją z **plusem** baterii anodowej, minus zaś tej baterii — z dowolnym biegunem baterii żarzenia. W ten sposób tworzy się **zamknięty obwód elektryczny**: plus baterii, przewód, anoda lampy, wnętrze lampy, przewód, minus baterii anodowej.

Lampa, która ma wewnątrz bańki tylko **dwie elektrody**, tj. katodę i anodę, nazywa się **diodą**. Na rys. dalej przedstawiony jest symbol lampy diody.

Moi Drodzy. Jak już Wam mówiłem, prąd elektryczny w „zamkniętym obwodzie" płynie faktycznie w kierunku od „minusa" źródła do jego „plusa", czyli od bieguna „—",

na którym jest nadmiar elektronów (ładunków ujemnych), do bieguna „+", na których jest ich zbyt mała ilość (przeważają ładunki dodatnie), mimo że na całym świecie umownie przyjęto przepływ w odwrotnym kierunku.



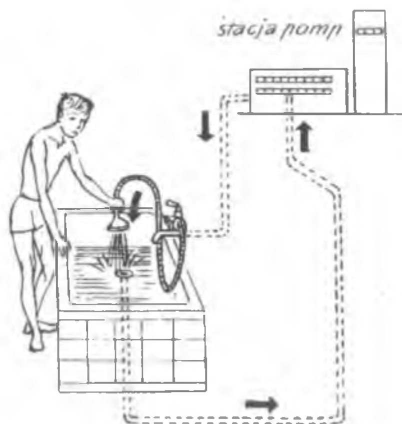
Podobnie sprawa przedstawia się i przy przepływie prądu elektrycznego w lampach elektronowych. „Minus" baterii tzw. anodowej połączony jest z rozżarzoną katodą lampy, która wysyła elektrony w próżnię lampy. „Plus" tej baterii dołączony jest do anody lampy.

Elektrony po „wyskoczeniu" z rozżarzonej katody lampy są przyciągane przez dodatnio naładowaną anodę, tworząc strumień elektronowy. Strumień elektronowy płynący w lampie od katody do anody, a ściślej — od ujemnego bieguna anodowej baterii elektrycznej poprzez lampę do bieguna dodatniego tej baterii, tworzy tzw. **anodowy prąd elektryczny,** przepływający przez lampę.

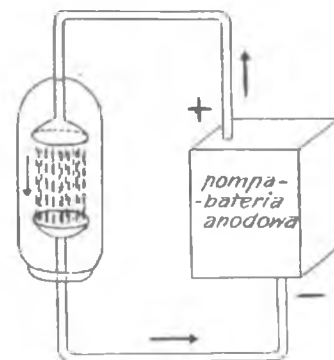
Żarzenie katody powodowane jest również przepływem prądu elektrycznego przez włókno lampy. Prąd ten jednak jest inny niż ten, o którym mówimy, a otrzymuje się go po dołączeniu do obu końców włókna odpowiedniego źródła prądu, np. baterii.

We wstępnych rozważaniach prąd elektryczny porównywany był do prądu wodnego. Dla lepszego zrozumienia sposobu działania lampy elektronowej powróćmy znów do przykładów. Zamieszczony niżej rysunek przedstawia wannę z prysznicem.

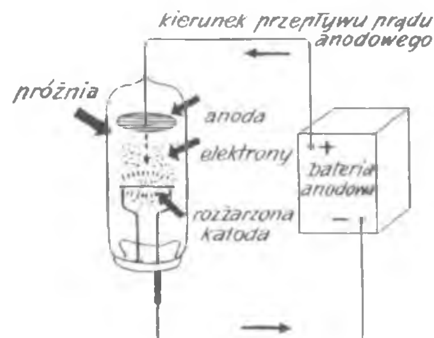
Z chwilą odkręcenia kranu woda spływa do wanny, a następnie wydostaje się z niej wylotem do rur ściekowych. Gdybyśmy sobie wyobrazili, że instalacja wodociągowa jest tak wykonana, że zużyta już woda zostaje z powrotem zasysana do stacji pomp, gdzie zostaje oczyszczona i skierowana znów do rur wodociągowych, to można by rozpatrywać cały ten cykl przepływu wody jako „obwód zamknięty": stacja pomp — rury wodociągowe — prysznic — wanna — rury ściekowe — stacja pomp itd.



Wymieniony obieg wody można by porównać z przepływem prądu elektrycznego w obwodzie „zamkniętym". Stacji pomp odpowiadałoby tutaj źródło prądu elektrycznego, rurom zaś — przewody elektryczne (druty). Źródłem prądu, w danym przypadku jest bateria anodowa. Zakładając powszechnie przyjęty kierunek przepływu prądu elektrycznego, dodatni biegun baterii można rozpatrywać jako „wyjście" tego prądu, ujemny zaś — jako „wejście" prądu, podobnie jak ciśnienie i ssanie wody w stacji pomp.



Dodatni biegun tej baterii połączony jest drutem z anodą lampy, ujemny zaś — z jej katodą.

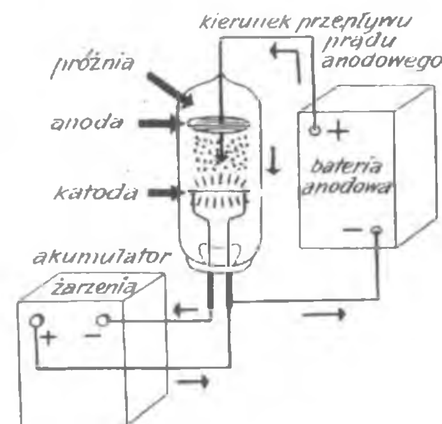


Między anodą i katodą w lampie znajduje się przestrzeń, z której wypompowano powietrze w tym celu, żeby biegnące elektrony nie napotykały na swej drodze jego cząstek, z którymi musiałyby się zderzać. Gdyby te zderzenia następowały, wówczas wytworzyłby się opór utrudniający swobodny przepływ elektronów między katodą i anodą.

Opór ten można by porównać z korkiem gumowym, zatykającym wylot prysznicu. W korku tym wywiercono pewną ilość otworów pionowych. Ilość wypływającej wody uzależniona będzie wtedy od wielkości i ilości tych otworów.

Wiadomo już nam, że pod wpływem przepływającego prądu rozżarzona katoda wysyła strumień elektronów. Wiemy już także, że elektrony te mają ładunek ujemny i są przyciągane przez dodatnio naładowaną anodę, co osiąga się przez połączenie jej z plusem baterii anodowej. Minus baterii anodowej połączony jest zawsze z katodą lampy.

Ten strumień elektronów tworzy prąd elektryczny płynący przez bańkę lampy, w kierunku od jej katody do anody, a więc — od minusa do plusa baterii anodowej, zamykającej, „obwód prądu". Tak jest w rzeczywistości.



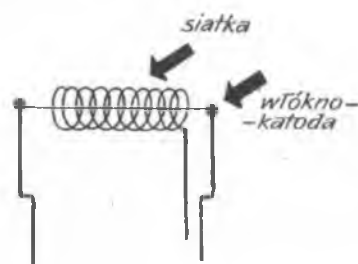
My jednak, zachowując ogólnie przyjęty odwrotny kierunek przepływu prądu (od „+" do „—" baterii), musimy założyć, że w tym rozumieniu strumień elektronów biegnący od katody do anody tworzy w lampie tylko jakby „pomost", ułatwiający odwrotny przepływ prądu — od plusa baterii do jej minusa, a więc od anody do katody lampy. Widzimy więc, że w tym tłumaczeniu prąd z baterii płynie odwrotnie do kierunku przepływu strumienia elektronów.

Ten prąd elektryczny z baterii nosi nazwę **prądu anodowego**.

Naturalnie, prąd elektryczny może przepływać przez lampę tylko wtedy, gdy rozżarzona katoda wysyła elektrony, czyli mówiąc inaczej, gdy prąd anodowy będzie miał przygotowaną drogę.

W taki sposób powstaje zamknięty obwód dla prądu elektrycznego otrzymywanego z baterii anodowej, podobnie jak między prysznicem i wanną dla prądu wodnego.

Źródłem prądu anodowego jest bateria anodowa.



A teraz do wnętrza bańki lampy między katodę a anodę wstawiamy metalową siatkę, która — podobnie jak katoda i anoda — ma „wyprowadzenie" drutem na zewnątrz bańki lampy. Siatka ta znajduje się blisko katody i stoi na drodze przebiegającego strumienia elektronów emitowanych z rozżarzonej katody.

Jeżeli siatka ta nie jest naładowana żadnym ładunkiem elektrycznym, elektrony biegną od katody do anody bez przeszkód, tak jakby siatki tej nie było — podobnie jak w diodzie.

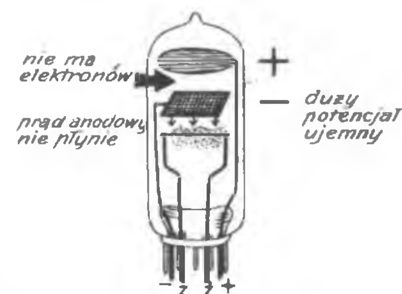
Jeżeli jednak do siatki doprowadzimy jakiś ładunek elektryczny, np. przez dołączenie do niej pewnego dodatniego lub ujemnego potencjału elektrycznego, wówczas siatka ta będzie wpływać na przebieg elektronów od ujemnej katody do dodatniej anody.

Dlaczego tak jest i w jaki sposób siatka będzie wpływać na bieg elektronów?

Pamiętacie, że ładunki jednoimienne odpychają się, a różnoimienne przyciągają, wobec tego elektroda znajdująca się pod ujemnym potencjałem elektrycznym będzie od siebie odpychać również ujemne elektrony emitowane z rozżarzonej katody. Jeżeli ten ujemny potencjał doprowadzony do siatki sterującej będzie stosunkowo niewielki, wówczas tylko część elektronów biegnących w kierunku anody zostanie odepchnięta z powrotem w kierunku katody, w wyniku czego przez oczka siatki przebiegnie tylko pewna ich część i dobiegnie do przyciągającej je dodatniej anody.

Ilość elektronów dobiegających do anody jest mniejsza niż wówczas, gdy siatka nie jest pod żadnym ujemnym potencjałem. Im większy będzie ujemny potencjał na siatce, tym większe będzie odpychanie elektronów z powrotem w kierunku katody i tym mniej elektronów dochodzić będzie do anody. Dochodzący do anody strumień elektronów będzie więc zmieniać swą gęstość w zależności od wielkości ujemnego potencjału na siatce lampy. Ponieważ katoda połączona jest z ujemnym biegunem „baterii anodowej", a anoda — z dodatnim, w „zamkniętym obwodzie" będzie płynąć prąd anodowy o natężeniu zależnym od „gęstości strumienia" elektronów płynących w bance lampy, który ten prąd tworzy.

W przypadku gdy ujemny potencjał na siatce lampy będzie już odpowiednio duży, wówczas działanie odpychające na elektrony będzie już tak silne, że żaden z nich nie przedostanie się przez oczka siatki i nie pobiegnie w kierunku dodatnio naładowanej anody; wszystkie one zostaną odepchnięte od siatki i utworzą „chmurę elektronów" przy katodzie. Nie ma wówczas strumienia elektronów płynącego przez próżnię lampy od katody do anody; „zamknięty obwód" zostaje przerwany — nie ma prądu anodowego. Mówimy wówczas, że lampa jest „zatkana".



Jeżeli teraz, dla odmiany, do siatki doprowadzimy elektryczny potencjał dodatni, to wówczas siatka będzie ujemne elektrony przyciągać, prędkość ich biegu zwiększy się znacznie i to tym bardziej, im dodatni potencjał siatki będzie większy. Część elektronów będzie wówczas przyciągnięta przez dodatnio naładowaną siatkę, lecz duża ich ilość, większa nawet niż wówczas, gdy siatka nie ma żadnego potencjału, przeleci przez oczka siatki. Rozpędzone elektrony przebiegają przez oczka siatki i dobiegają do anody. W jednostce czasu dochodzi do anody duża ich ilość, „wyssana" jakby z żarzącej się katody pod wpływem dodatnio naładowanej siatki. Gdy elektronów biegnie więcej, płynie większy prąd anodowy.

Naturalnie, zwiększanie ilości elektronów dochodzących do anody uzależnione jest od wysokości dodatniego potencjału przyłożonego do siatki. Przy pewnym, dość wysokim dodatnim potencjale na siatce lampy zaczyna ona działać jak anoda; wszystkie elektrony przyciąga do siebie i nic nie dochodzi do anody. Przestaje płynąć prąd anodowy (między katodą, a anodą), a zaczyna płynąć tzw. „prąd siatkowy" (między katodą a siatką), który może być szkodliwy dla lampy.

Jak widzicie, ujemny potencjał na siatce lampy zmniejsza ilość elektronów dochodzących do jej anody, a więc tym samym zmniejsza natężenie prądu anodowego, który w rzeczywistości tworzą elektrony. Dodatni potencjał na tej siatce zwiększa ilość elektronów dochodzących do anody lampy, a tym samym zwiększa natężenie prądu anodowego płynącego przez lampę.

Możemy więc powiedzieć, że siatka ta „steruje" przepływem elektronów od katody do anody, reguluje

ich ilość w zależności od znaku i wielkości potencjału elektrycznego przyłożonego do siatki, a więc tym samym wpływa na wartość natężenia prądu anodowego płynącego w obwodzie lampy. Siatka ta nazywa się **siatką sterującą** i w piśmie oznacza się ją literą s_1 (czasami: g_1).

Trzeba wiedzieć, że nawet małe zmiany potencjału przyłożonego na siatkę sterującą lampy wpływają na powstawanie bardzo dużych zmian w natężeniu prądu anodowego płynącego przez lampę, między katodą i anodą. To musicie sobie zapamiętać.

Tak więc, dzięki wprowadzeniu siatki sterującej, otrzymaliśmy popularną lampę „radiową", zwaną — „triodą", za pomocą której możemy uzyskiwać wzmocnienie sygnałów, w związku z czym można ją stosować w całym torze odbiornika — od anteny do głośnika. Jak to się dzieje, pomówimy za chwilę.

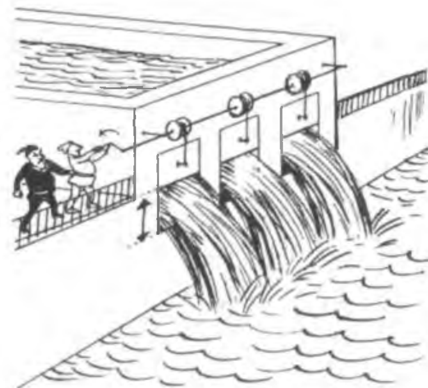
Panie Profesorze — wtrąciła milcząca do tej pory Kasia. — Nie bardzo rozumiem, jak to się dzieje, że małe wahania czy zmiany potencjałów na siatce sterującej lampy wpływają na powstawanie silnych wahań prądu anodowego. Może by Pan Profesor przytoczył jakąś analogię dla łatwiejszego zrozumienia, na czym to polega. Dobrze?

Dobrze Kasiu — odpowiedział pan profesor. — Przy tym tłumaczeniu przyjmę jednak taki kierunek przepływu prądu anodowego, jaki został uznany w świecie, tj. od plusa — do minusa napięcia baterii anodowej.

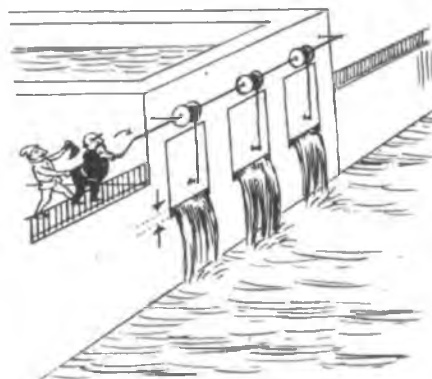
Popatrzcie na ten rysunek.

W dużym zbiorniku napełnionym wodą znajdują się otwory zamykane zasuwami poruszanymi za pomocą odpowiedniego urządzenia. Zasuwy te są tak ustawione, że część każdego otworu jest zasłonięta; wypływa przez nie pewna ilość wody. Zbiornik — anoda lampy przyłączona do baterii anodowej; zasuwy — siatka sterująca w lampie; ustawienie zasuw określających wielkość otworów w zbiorniku — ustalony, stały potencjał elektryczny na siatce sterującej; wypływająca ze zbiornika woda — prąd anodowy; ilość wypływającej wody — wartość natężenia prądu anodowego przepływającego w lampie (od anody do katody).

A teraz do korby urządzenia regulującego ustawienie zasuw, a więc i wielkości otworów, podchodzą znajome już nam karzełki.



Karzełki białe podnoszą wyżej zasuwy, zwiększając ilość wypływającej wody (dodatni potencjał elektryczny na siatce sterującej lampy — płynie prąd elektryczny o większym natężeniu). Karzełki czarne niżej opuszczają zasuwy, zmniejszając ilość wypływającej ze zbiornika wody (ujemny potencjał elektryczny na siatce sterującej lampy — płynie prąd elektryczny o mniejszym natężeniu).



Im karzełek jest większy i silniejszy, tym szerzej otwiera lub zamyka w zbiorniku otwór wylotowy dla wody; wody wypływa wówczas więcej lub mniej. Im wyższy jest dodatni potencjał elektryczny przyłożony do siatki sterującej, tym większe natężenie ma prąd anodowy przepływający przez lampę.

Karzełki ustawiając zasuwy regulują dowolnie ilość wypływającej wody, czyli „sterują" jej wypływem. Zmieniając dowolnie wysokość i „znak" potencjału elektrycznego na siatce sterującej, zmieniamy dowolnie natężenie prądu anodowego płynącego przez lampę radiową.

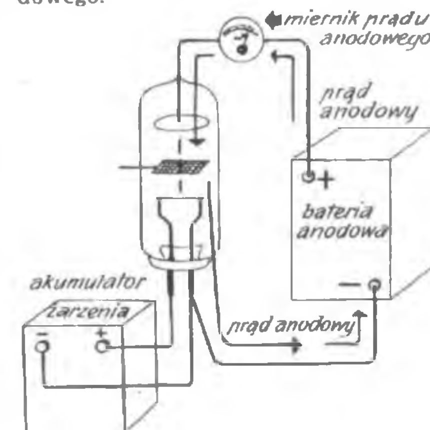
Jak już zapewne zrozumieliście, siatka sterująca umożliwia regulowanie wartości natężenia prądu anodowego przepływającego przez lampę.

A teraz jeszcze jeden przykład.

U wejścia do ogrodu umocowano specjalnie wykonaną obracającą się furtkę połączoną z licznikiem. Każda osoba wchodząca do ogrodu musi przekręcić furtkę, zagradzającą przejście. Ilość osób wchodzących do ogrodu wykazuje licznik obrotów furtki.

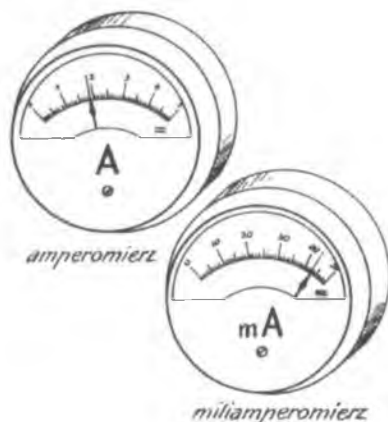


W przewodach prowadzących do lampy elektronowej umieszczono podobny licznik, który wykazuje ilość przepływającego prądu anodowego.



Licznikiem kontrolującym przepływ prądu anodowego przez lampę elektronową jest elektryczny przyrząd pomiarowy. Przyrząd ten wskazuje natężenie prądu przepływającego w obwodzie anodowym lampy. Jak wiadomo, prąd elektryczny

mierzy się w amperach. Zatem do pomiaru natężenia prądu należy stosować przyrząd nazwany **amperomierzem.**



amperomierz

miliamperomierz

Ponieważ przez lampę elektronową przepływa bardzo słaby prąd elektryczny (rzędu tysiącznych części ampera), przeto do jego pomiaru należy stosować odpowiedni przyrząd zwany miliamperomierzem.

Pamiętacie, że:

1 amper (A) = 1000 miliamperów (mA),

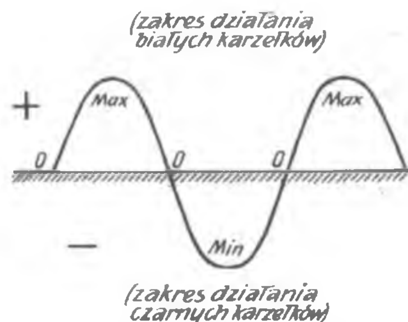
$$1 \text{ miliamper (mA)} = \frac{1}{1000}$$

część ampera (A).

Do siatki sterującej można doprowadzić napięcie zmienne o różnej częstotliwości; potencjał elektryczny na siatce będzie wówczas również zmieniać się w takt częstotliwości zmian.

Prąd taki, jak już wiemy, zmienia swój kierunek przepływu (a więc i „znak") oraz wartość — w czasie; może on być graficznie przedstawiony jako linia falista („sinusoida").

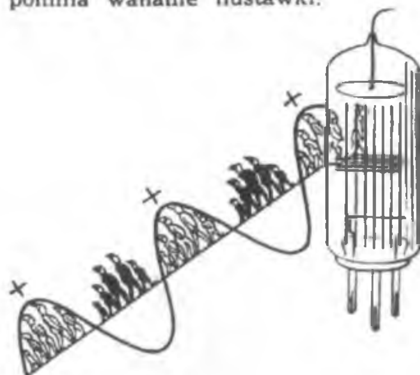
Wiemy z poprzednich rozważań, że — poczynając od „poziomu zerowego" — prąd zmienny zwiększa stopniowo swą wartość aż do maksymalnej (amplitudy), a następnie maleje znów do „poziomu zerowego" (zakres dodatni).



Po przejściu przez „poziom zerowy" wartość prądu zmiennego zwiększa się znów do maksimum w zakresie ujemnym, a następnie — zmniejszając się stopniowo — powraca podobnie do poziomu zerowego.

Następuje powtórny wzrost i przebieg zjawiska powtarza się od początku, wiele razy w ciągu sekundy, zależnie od częstotliwości prądu zmiennego.

Przebieg prądu zmiennego przypomina wahanie huśtawki.



Opisane zjawisko, przedstawione za pomocą karzełków, wygląda tak, jak pokazano na rysunku. Karzełki białe i czarne maszerują na przemian i wkraczają na siatkę lampy elektronowej.

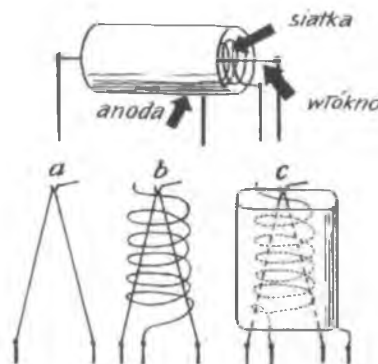
Ponieważ karzełki białe (+) ułatwiają przepływ prądu anodowego, czarne (—) zaś utrudniają mu drogę, przeto prąd ten będzie zmieniał swe natężenie w zależności od liczby i jakości karzełków, czyli będzie przez nie „sterowany".

Nieduża liczba karzełków na sterującej siatce lampy (stosunkowo mało ładunków elektrycznych) kieruje wielką ilością elektronów płynących od anody do katody (anodowym prądem elektrycznym), podobnie jak jeden milicjant na ulicy kieruje całym ruchem pojazdów.

Omówiłem teraz działanie lampy elektronowej, tzw. **triody**, która oprócz katody i anody ma tylko jedną siatkę, tzw. „sterującą".

Siatka zwykle ma kształt cylindryczny i otacza katodę. Taki kształt siatki ma na celu polepszenie działania lampy.

Anodę również wykonuje się w kształcie cylindra obejmującego siatkę.



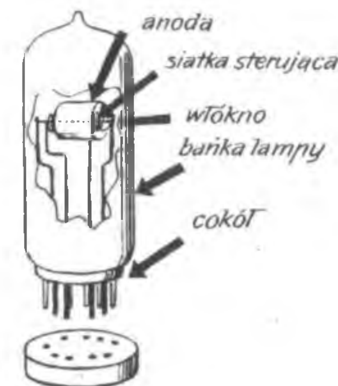
Stopniowo, w miarę ulepszania lampy elektronowej, zwanej również **katodową** lub po prostu „radiową", zmieniały się i kształty jej części wewnętrznych.

Katoda, w celu zwiększenia jej długości, otrzymywała często kształt przedstawiony na rysunku, oznaczony literą *a*.

Odpowiednio również zmieniono kształt siatki (*b*) oraz anody (*c*).

Zmiany te uwidaczniają się szczególnie w lampach „bezpośrednio żarzonych".

Tak wykonane wewnętrzne części lampy umieszczano poziomo lub pionowo w baloniku szklanym, z którego wypompowano powietrze, a połączenia doprowadzano do nóżek osadzonych w cokole.



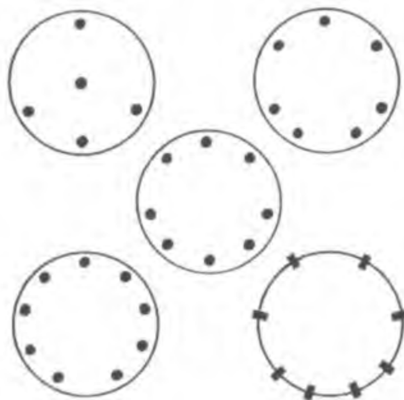
Na rysunku przedstawiono lampę bezpośrednio żarzoną, „triodę" — typu nóżkowego (o trzech wewnętrznych **elektrodach** — katodzie, siatce i anodzie) oraz podstawkę do niej.

Obecnie mamy dużą ilość różnych typów lamp, w których oprócz wspomnianych elektrod są jeszcze i inne, jak np. siatka „chwytna" (przeciwemisyjna), której zadaniem

jest wychwytywanie szkodliwych zabłąkanych elektronów itp.

Dodatkowe elektrody mają za zadanie udoskonalenie pracy lamp w zakresie: wzmocnienia, zastosowania w obwodach o specjalnym charakterze pracy itp.

Obecnie bardzo często stosuje się dwa lub nawet więcej takich samych lub różnych systemów elektrod w jednej bańce lampy. Lampy takie („podwójne" lub „potrójne" w jednej bańce) nazywamy lampami wielosystemowymi.

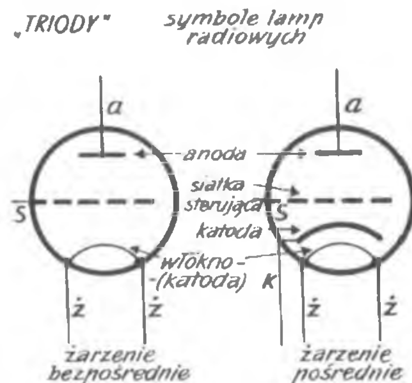


różne rodzaje rozstawienia nóżek w cokołach lampowych

Podobnie jak i z cokołami lampowymi. Jest ich kilkanaście typów dla różnych rodzajów lamp. Na rysunku uwidocznione są rozstawienia nóżek w różnego rodzaju cokołach lampowych. Nóżki te wykonane są z metalu i mają połączenia z odpowiednimi elektrodami, znajdującymi się wewnątrz bańki lampy.

Działanie wszystkich typów lamp opiera się na omówionej już zasadzie (w stosunku do triody) i na tym poprzestajemy.

Symbol lampy katodowej triody przedstawiony jest na rysunku (bez uwzględnienia rodzaju cokołu).



W symbolach lamp siatkę sterującą rysuje się w postaci wężyka.

16. Działanie wzmacniające lampy elektronowej

Wiadomo już nam, że słabiutkie nawet prądy zmienne, dochodzące do siatki sterującej lampy elektronowej, mogą wywołać wielkie zmiany w przepływie silnego prądu anodowego. Zmiany tego prądu anodowego odbywać się będą z taką samą częstotliwością, jaką ma słabe napięcie zmienne doprowadzone do siatki sterującej. Z tego wynika, że lampa elektronowa wzmacnia, gdyż pod wpływem doprowadzonych do jej siatki sterującej słabych impulsów otrzymujemy na anodzie znacznie silniejsze impulsy prądu anodowego.

Mówimy, że lampa wzmacnia czy to bardzo słabiutkie sygnały wielkiej częstotliwości otrzymane z obwodu antenowego, czy to sygnały małej częstotliwości, odpowiadające częstotliwościom akustycznym dźwięków mowy i muzyki. Rzeczywiście, na anodzie lampy uzyskujemy wzmocnione sygnały wielkiej lub małej częstotliwości (zależnie od tego, w jakim obwodzie dana lampa pracuje). Zwróćcie jednak uwagę na to, że nie są to te same sygnały. Słabe sygnały z odpowiedniego obwodu odbiornika doprowadzamy tylko do siatki sterującej w lampie, wzmocnione zaś uzyskujemy z anody lampy, poprzez którą przepływa anodowy prąd otrzymywany ze źródła napięcia anodowego. Ten silny prąd anodowy, „sterowany" słabymi sygnałami doprowadzanymi na siatkę sterującą, drga tak samo jak „drgają" sygnały na siatce sterującej. Możemy więc nieco zmodyfikować pojęcie wzmacniania lampy; z anody lampy otrzymujemy silniejsze sygnały, niż zostały doprowadzone na siatkę sterującą — to prawda, lecz sygnały te — to nie są te same, które zostały doprowadzone do siatki; pochodzą z innego źródła — z baterii (lub zasilacza) anodowej. W ostatecznym rezultacie jest to wszystko jedno; sygnały są silniejsze. Dobrze jednak, abyście o tym pamiętali.
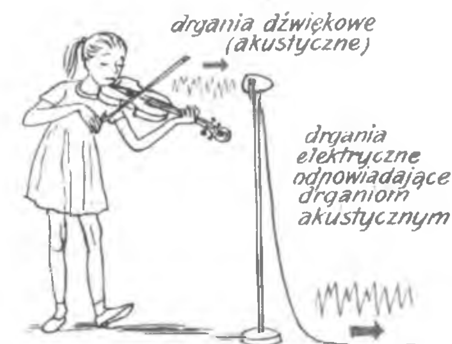
Dla uproszczenia rozpatrywać będziemy tylko wzmacnianie sygnałów małej częstotliwości.

Działanie lampy elektronowej można porównać z działaniem dźwigni lub pantografu.

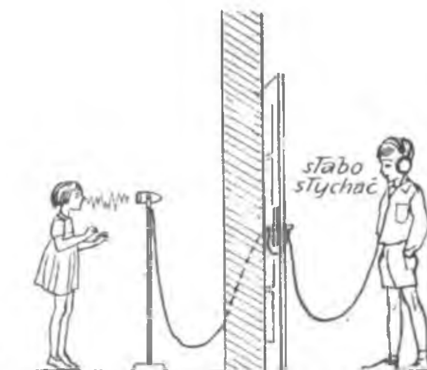


Można podobnie dowieść, że słabe „dźwięki" odpowiednio doprowadzane do lampy wychodzą z niej znacznie wzmocnione.

Dźwięków nie można jednak wprowadzać bezpośrednio do lampy.

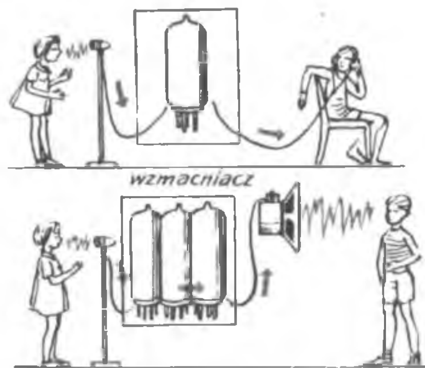


Wiadomo, że mikrofon przetwarza fale dźwiękowe (o częstotliwościach akustycznych) w prądy elektryczne. Włączając w obwód mikrofonu czułe słuchawki można przekonać się, że odtwarzają one dokładnie wszystkie dźwięki mowy lub muzyki, lecz odbiór jest bardzo słaby.

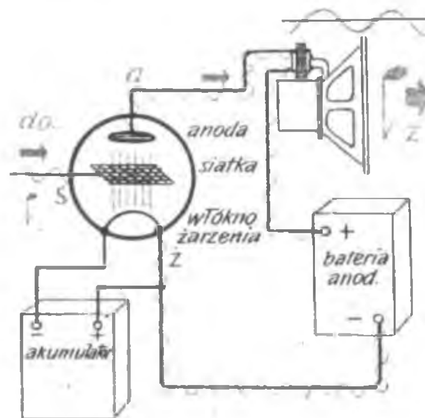


Aby wzmocnić dźwięki otrzymane z mikrofonu, należy włączyć między mikrofon a słuchawki lub głośnik odpowiedni **wzmacniacz z lampą elektronową.**

Wzmacniające działanie lampy elektronowej ilustruje uproszczony schemat. Dźwięki zamienione



w mikrofonie na drgania elektryczne dostarczane są na siatkę sterującą lampy. Pod wpływem zmienia-



jących się ładunków (a tym samym — potencjałów) na tej siatce powstają zmiany silnego prądu anodowego, zdolnego do uruchomienia głośnika włączonego w obwód anodowy lampy.

Aby jednak zmieniający się pod wpływem napięć siatkowych prąd anodowy mógł przepływać przez lampę, katoda jej musi być rozżarzona prądem z baterii (lampy „bezpośrednio" żarzone) lub prądem z sieci oświetleniowej (lampy „pośrednio" żarzone).

Zależnie od wielkości potrzebnego wzmocnienia i mocy wyjściowej sygnałów zasilających jeden lub kilka głośników o mniejszej lub większej mocy, stosujemy odpowiedni wzmacniacz. W takim wzmacniaczu znajduje się kilka lamp elektronowych połączonych w taki sposób, że wzmocnione już sygnały przez poprzednią lampę wzmacnia się znów w następnej lampie tyle razy, ile jest potrzebna do naszych celów.

Dobrze, abyście wiedzieli, że wzmocnienie k w jednej lampie określić można jako stosunek wartości silnych napięć (V_a) otrzymywanych z anody do wartości słabych napięć (V_s), dostarczanych do siatki sterującej:

$$k = \frac{V_a}{V_s}.$$

We wzmacniaczu z kilkoma lampami wzmocnienie przebiega „kaskadowo"; wzmocnione napięcia wzmacnia się dalej. W wyniku otrzymuje się ogólne wzmocnienie wzmacniacza (k_c), równe iloczynowi wzmocnień poszczególnych **stopni wzmocnienia.**

Np. dla 3-lampowego wzmacniacza wyniesie ono:

$$k_c = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = \frac{V_{a1}}{V_{s1}} \cdot \frac{V_{a2}}{V_{s2}} \cdot \frac{V_{a3}}{V_{s3}}.$$

Jeżeli każda lampa wzmacnia sygnały np. 10 razy, to 3-lampowy wzmacniacz daje całkowite wzmocnienie równe:

$$k_c = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 1000 \text{ (razy)}.$$

Ostatnia lampa we wzmacniaczu jest zwykle lampą mocy, która już sygnałom o odpowiednio dużym napięciu „daje potrzebną moc" do zasilania głośnika lub kilku głośników.

Podobnie odpowiednio wzmocnione sygnały wielkiej częstotliwości mogą być już kierowane do detekcji. A co to jest detekcja — to już wiecie.

Na tym zakończymy ogólne wiadomości o wzmocnieniu sygnałów, uzyskiwanym w lampie elektronowej.

17. Działanie prostownicze lampy elektronowej

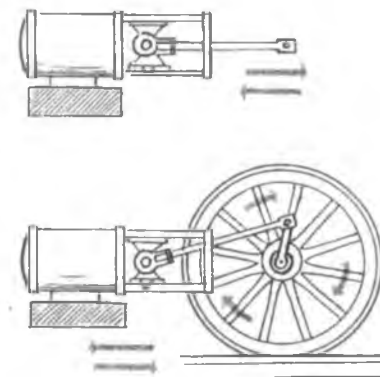
Mówiliśmy już o prądzie zmiennym i jego „prostowaniu". Wiemy, że dzięki „prostowaniu" wzmocnionych już modulowanych napięć wielkiej częstotliwości uzyskujemy napięcia małej częstotliwości (akustycznej). „Prostowanie" takie nazywa się w tym przypadku detekcją. Po detekcji otrzymane napięcia małej częstotliwości zostają wzmacniane w odpowiednim członie odbiornika radiowego, a następnie zasilają głośnik odtwarzając audycję radiową, nadawaną w tym czasie przez radiostację.

Wiemy również, że można prostować każdy prąd zmienny, a więc i prąd zmienny o częstotliwości przemysłowej. Prąd taki jest w sieci energetycznej i w Europie ma częstotliwość 50 Hz, a w Ameryce — 60 Hz. Po wyprostowaniu uzyskujemy jednokierunkowy prąd „pulsujący", a jeżeli następnie odpowiednio „wygładzi się" pulsacje, tak że one znikną, otrzymujemy **napięcie stałe.** Takim napięciem możemy już zasilać anody lamp odbiorczych w aparatach radiowych.

Mówiłem już Wam, że do uzyskania detekcji sygnałów wielkiej częstotliwości służą najczęściej diody krystaliczne (np. germanowe), albo lampy elektronowe (najczęściej — diody).

Do uzyskania prądu stałego z prądu zmiennego używamy odpowiednich prostowników suchych (np. miedziowych, selenowych, germanowych, krzemowych itp.) oraz lamp elektronowych (odpowiednich diod).

Aby łatwiej można było zrozumieć działanie prostownicze (a więc detekcyjne) lampy elektronowej, rozpatrzymy następujące przykłady.



Dwukierunkowy ruch tłoka można zamienić na ruch jednokierunkowy.

Koło odpowiednio połączone z tłokiem obracać się będzie tylko w jednym kierunku. Taki sposób zamiany ruchu dwukierunkowego tłoka na jednokierunkowy koła zastosowano między innymi w parowozach.

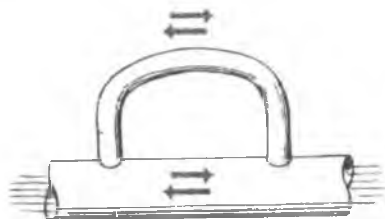
Inne porównanie: cylinder z tłokiem napełniony jest wodą.

Dwa otwory po obu stronach cylindra połączono ze sobą rurą gumową. Gdy tłokiem będziemy po-

ruszać w obie strony, wówczas w rurze gumowej powstaną zmienne kierunki przepływu wody, czyli „zmienny prąd wodny".



Do rury gumowej, łączącej oba otwory w cylindrze, dołączono jesz-



zmienny kierunek przepływu wody w rurach

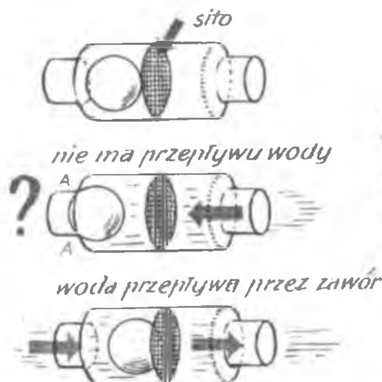
cze małą dodatkową rurkę, w sposób podany na zamieszczonym rysunku. Pod wpływem poruszania się tłoka w obie strony w obu rurach płynie zmienny prąd wody.



zmienny kierunek przepływu wody w głównej rurze

Można jednak do jednej z rur, np. małej rurki, włączyć odpowiedni zawór (prostownik), który będzie w niej przepuszczał wodę **tylko w jednym kierunku.**

Przekrój takiego zaworu przedstawia schematycznie rysunek. W środku zaworu znajduje się sitko, a nad nim mała piłka gumowa.



Gdy woda dopływa rurą z prawej strony zaworu (kierunek strzałki), wówczas pod wpływem ciśnienia piłka przylega do lewego otworu zaworu (w punktach *A-A*) i nie przepuszcza dalej wody.

Gdy woda dopływa poprzez lewy otwór zaworu (kierunek strzałki), wówczas pod wpływem ciśnienia piłka odskakuje i przylega do sitka. Woda może wówczas przedostać się przez zawór i płynąć dalej.

Włączony do odgałęzienia głównej rury zawór przepuszcza więc wodę tylko w jednym kierunku (z przerwami), podczas gdy w głównej rurze woda płynie w obu kierunkach.

Do każdej pompy można przyłączyć równolegle kilka rur gumowych, przez które jednocześnie przepływać będzie woda.



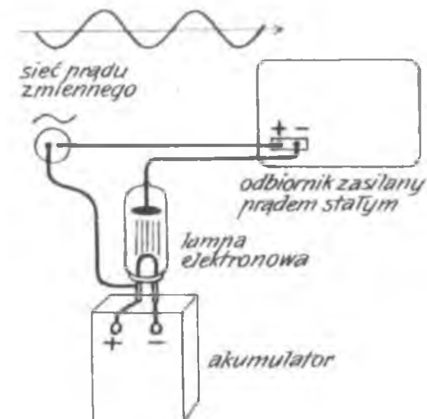
zmienny kierunek przepływu wody w głównej rurze

W obwód prądu wodnego płynącego w rurze można włączyć obracający się wiatraczek (turbinkę).

Podobnie i w obwód prądu elektrycznego można włączyć odpowiedni silniczek, który będzie się obracać.

Przyrząd elektryczny przeznaczony do zasilania tylko prądem stałym nie może być włączany do źródła prądu zmiennego. Aby przyrząd taki mógł być uruchomiony przez prąd zmienny, należy w obwód przewodów doprowadzających do niego napięcie włączyć „zawór elektryczny", czyli tzw. **prostownik.** Prostownik ten ma za zadanie zamianę prądu zmiennego na prąd „jednokierunkowy" — **stały,** który będzie mógł już uruchomić przyrząd.

Lampa elektronowa „dioda" jest właśnie takim zaworem elektrycznym. Działanie „prostujące" lampy odbywać się może tylko w przypadku, gdy jej katoda jest rozżarzona. Ujemne elektrony pędzą od katody do anody tylko wówczas, gdy na anodę przychodzi dodatnia połówka okresu prądu zmiennego, gdyż — jak wiecie — dodatnio naładowana anoda przyciąga wówczas ujemne elektrony. Ujemnie naładowana



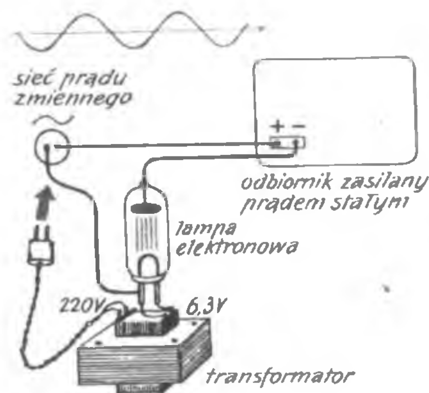
anoda, gdy na nią przychodzi druga — ujemna połówka okresu prądu zmiennego, odpycha elektrony emitowane z katody. Lampa przepuszcza zatem prąd tylko w jednym kierunku, w momentach gdy do anody dopływają dodatnie połówki prądu zmiennego.

Katodę lampy można żarzyć nie tylko prądem z baterii lub akumulatora, lecz również i prądem zmiennym z sieci oświetleniowej, poprzez transformator obniżający wartość napięcia.

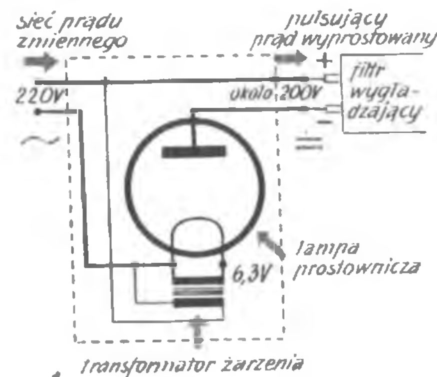
Lampy elektronowe w odbiorniku radiowym, żarzone napięciem z sieci oświetleniowej, są albo łączone włóknami szeregowo w ten sposób, aby suma wszystkich napięć potrzebnych do żarzenia lamp wynosiła tyle, ile woltów ma napięcie sieci (to może mieć miejsce wówczas, gdy prądy żarzenia tych lamp są takie same), albo — włączone równolegle do wtórnego uzwojenia sieciowego transformatora obniżającego napięcie. Większość tych trans-

formatorów obniża napięcie do wysokości 6,3 woltów.

Zamieszczony rysunek przedstawia schematycznie układ prostownika lampowego. W prostowniku użyta jest dwuelektrodowa lampa (katoda + anoda), zwana „diodą".

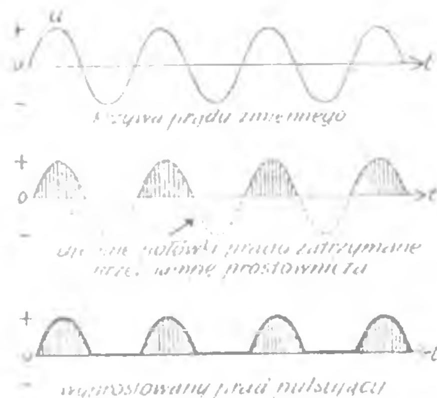


Z lewej strony doprowadza się prąd zmienny z sieci oświetleniowej, z prawej zaś otrzymuje jednokierunkowy prąd pulsujący („stały").



Schemat połączeń takiego układu przedstawiony jest na rysunku.

Prostownik odcina części krzywej napięcia, znajdujące się po jednej stronie zakresu, w danym przypadku — ujemnego.



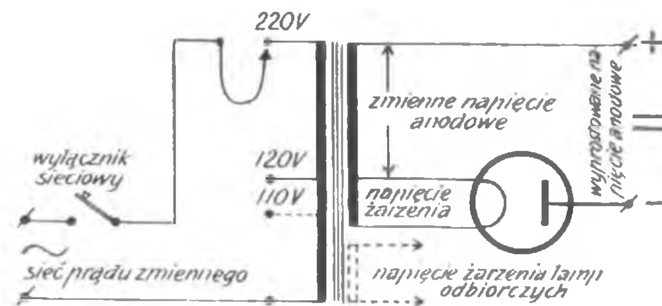
W wyniku tego odcięcia powstaje prąd jednokierunkowy, płynący z przerwami, czyli tzw. **jednokierunkowy prąd pulsujący** (50 razy w jednej sekundzie).

W odbiornikach radiowych stosuje się często odpowiedni transformator, który po przyłączeniu do sieci prądu zmiennego daje nam po stronie wtórnej podwyższone napięcie anodowe, napięcie do żarzenia lampy prostowniczej oraz napięcia do żarzenia lamp odbiorczych.

Do sieci prądu stałego transformatora nie można włączać, gdyż się spali.

Zamieszczony rysunek przedstawia schemat połączeń, układu o prostowaniu tzw. **półokresowym,** czyli dostosowanego do wykorzystania tylko jednej (dodatniej) połówki prądu zmiennego.

Jeżeli zastosujemy lampę mającą dwie anody zamiast jednej, wówczas, aby otrzymać wyprostowane napięcie podobne jak przy prostowaniu półokresowym, uzwojenie wtórne (anodowe) transformatora



symbol transformatora dla układu prostownika „półokresowego"

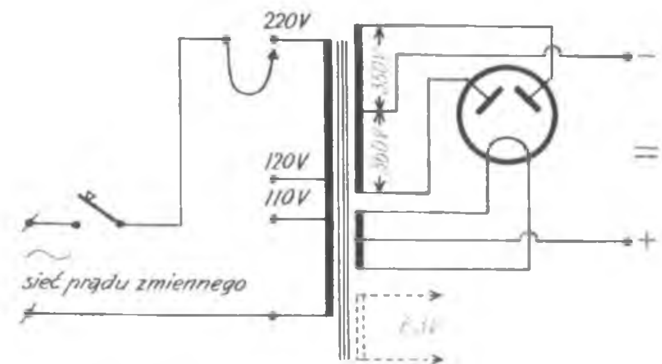
sieciowego musi mieć dwa razy więcej zwojów niż w poprzednim przypadku. Wyprowadzony na zewnątrz środek tego uzwojenia dzieli go na dwie jednakowe części i jest **ujemnym biegunem wyprostowanego napięcia. Dodatni biegun tego napięcia otrzymujemy z odczepu w środku uzwojenia żarzenia lampy prostowniczej lub z jednego jej końca.**

Podczas pracy prostownika działają na zmianę jedna lub druga połówka uzwojenia anodowego oraz jedna lub druga połówka lampy prostowniczej.

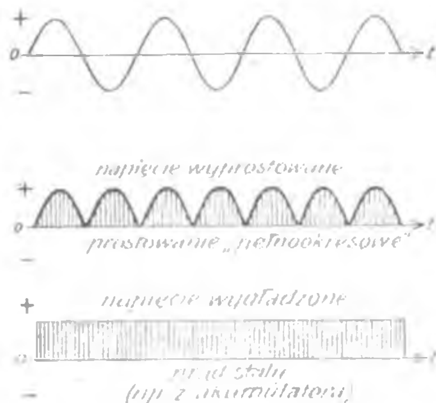
W czasie gdy do jednej anody lampy dochodzi ujemna połówka napięcia zmiennego, druga anoda znajduje się zawsze pod działaniem połówki dodatniej i odwrotnie. Prąd płynie wówczas przez lampę na zmianę (czynna jest raz — jedna, raz — druga anoda).

Jest to tzw. prostowanie **pełnookresowe** lub dwupołówkowe.

Jak widać na rysunku, przy takim prostowaniu nie tylko „dodatnie", lecz i ujemne połówki prądu, po przejściu przez lampę, znajdują się „na górze". Z tego względu pulsacja tak wyprostowanego prądu



symbol transformatora dla układu prostownika „pełnookresowego"



ma dwa razy większą częstotliwość niż przy prostowaniu półokresowym (100 razy w jednej sekundzie).

Zamieszczony rysunek przedstawia dla porównania wykres prądu stałego, otrzymanego z baterii lub akumulatora, w porównaniu z prądem pulsującym.

Aby wyprostowane napięcie nadawało się do zasilania odbiornika, musimy go „wygładzić" — usunąć pulsacje.

Jak widzimy z zamieszczonych rysunków, wyprostowane napięcie nie jest idealnie równe, lecz faluje, co powoduje, po włączeniu do odbiornika radiowego — silne buczenie słyszalne z głośnika.

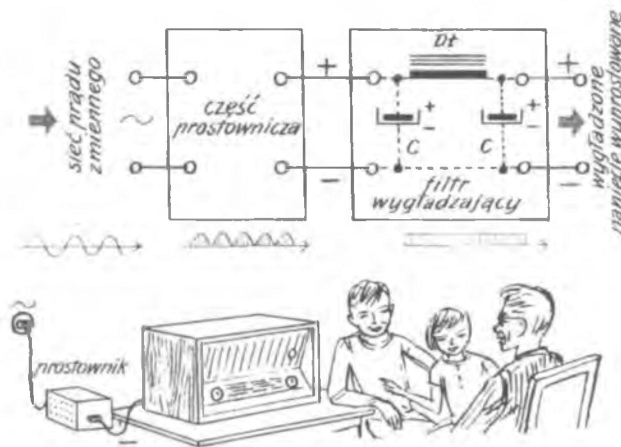
Aby buczenie to usunąć, należy między prostownik i odbiornik włączyć odpowiedni **filtr wygładzający**, który usunie falowania napięcia i upodobni to napięcie do postaci odpowiadającej napięciu stałemu, otrzymywanemu z baterii elektrycznej.

Filtr taki składa się z szeregowo włączonego opornika lub dławika oraz z dwóch lub jednego kondensatora elektrolitycznego dołączonego równolegle.

Wygładzenie napięcia po wyprostowaniu „pełnookresowym" jest łatwiejsze i skuteczniejsze niż przy prostowaniu „półokresowym".

Widać to zresztą przy porównaniu wykresów prostowania pełnookresowego i półokresowego.

Działanie filtru będzie później wyjaśnione dokładniej.



18. Działanie lamp w odbiorniku

Poprzednio była mowa o ogólnych właściwościach lampy elektronowej oraz o jej zastosowaniu w prostowaniu prądu zmiennego na stały.

Zamieszczone dalej opisy mają na celu ogólne wyjaśnienie funkcji spełnianych przez lampy w poszczególnych członach odbiornika radiowego.

A. Odbiorniki o bezpośrednim wzmocnieniu

a. Stopień detekcyjny

Wypromieniowana przez antenę stacji nadawczej fala elektromagnetyczna jest to fala „nośna" danej stacji, której amplitudy zostały zmodulowane (AM) przez nałożenie na nie sygnałów o częstotliwościach akustycznych, otrzymanych z mikrofonu, adaptera, magnetofonu itp.

Można zatem powiedzieć w przenośni, że wypromieniowane przez antenę radiostacji fale „niosą na sobie mowę lub muzykę".

Używając znanej już przenośni z karzełkami możemy powiedzieć, że gdy biały karzełek oddaje lampie pakunek z nutami, zjawia się natychmiast czarny karzełek i zabiera ten pakunek. W rezultacie żadna z nut nie może przedostać się do głośnika (pakunek — fale elektromagnetyczne, nuty — drgania, napięcia elektryczne, odpowiadające słyszalnym dźwiękom).

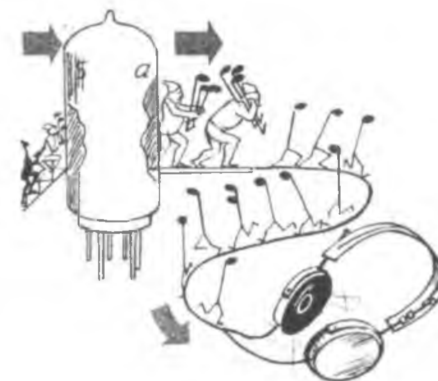
Lampa detekcyjna musi jakby przeciwdziałać złym wpływom czarnych karzełków i przepuszczać nuty, dostarczone do niej przez białe karzełki.

Wytwarza się wtedy pewnego rodzaju prostowanie, podobne do tego, jakie zachodzi w lampie prostowniczej, a polegające na przepuszczeniu przez lampę tylko jednego zakresu, czyli jednych połówek napięć powstałych ze zmodulowanej fali stacji. W wyniku tego otrzymuje się jednokierunkowy prąd zmodulowany w takt drgań mowy lub muzyki.

Prostowanie powyższe nosi — jak wiemy już — nazwę **detekcji**.

W praktyce spotyka się różne sposoby detekcji.

lampa detekcyjna



„Pakunki z nutami" przedostają się przez lampę detekcyjną i przewodami wędrują dalej, np. do słuchawek (lub do dalszych lamp wzmacniających odbiornika). Po detekcji drgania elektryczne odpowiadające dźwiękom mowy lub muzyki słuchawka może już zamienić w słyszalne fale dźwiękowe.

Jednolampowy aparat zmontowany z lampą „triodą" (lub inną lampą wieloelektrodową) tym się różni od zwykłego aparatu detektorowego (kryształkowego), że nie tylko odbiera fale radiostacji, lecz daje również odbiór wzmocniony.

Uzyskuje się to dzięki właściwości wzmacniania tych lamp.

Aparat zmontowany z lampą „diodą" (podobnie jak z detektorem kryształkowym lub diodą krystaliczną) nie wzmacnia, gdyż lampa ta ma tylko zdolność detekcji, ale nie daje wzmocnienia sygnałów otrzymanych z anteny.

b. Reakcja, czyli dodatnie sprzężenie zwrotne

Jak już wiemy, lampa detekcyjna wykonuje „prostowanie" napięć wielkiej częstotliwości, czyli uzyskanych z obwodu antenowego odbiornika radiowego, oraz nieco je wzmacnia, gdyż wzmacnianie to jest właściwością każdej lampy elektronowej z siatką sterującą (przypominam, że lampy dwuelektrodowe, tzw. „diody", nie wzmacniają).

Aby pokryć straty energii spowodowane szkodliwym tłumieniem w obwodach odbiornika, trzeba do siatki sterującej lampy odpowiednio doprowadzić nie tylko napięcia uzyskiwane ze strojonego obwodu antenowego, lecz również i częściowo napięcia już wzmocnione po przejściu przez lampę.

Lampa elektronowa będzie wówczas silniej sterowana, gdyż napięcia te odpowiednio dodają się do siebie, a więc i wahania przepływającego przez lampę prądu anodowego będą większe, co spowoduje głośniejszy odbiór audycji oraz zwiększy czułość aparatu. Mówimy wówczas, że zmniejszyliśmy tłumienie strojonego obwodu rezonansowego.

Dla lepszego wytłumaczenia zjawiska wyobraźmy sobie, że z obwodu antenowego odbiornika dochodzą do siatki sterującej w lampie nasze umowne karzełki „czarne" i „białe", tak jak w lampie detekcyjnej. Karzełki „czarne" zostają podczas detekcji usunięte z lampy, białe zaś — wychodzą z lampy i są nieco wzmocnione.



W przypadku stosowania „reakcji" (dodatniego sprzężenia zwrotnego) część wzmocnionych już karzełków w lampie zostaje skierowana z powrotem do „siatki sterującej", gdzie pomagają one silniej „wysterować" lampę. W wyniku tej pomocy z lampy wychodzą białe karzełki bardzo wzmocnione i oddają swoje nutki do dalszego wzmocnienia w następnych lampach odbiornika.

Widzimy więc, że część wzmocnionych już i zdetektowanych napięć, uzyskiwanych z anody lampy, doprowadza się z powrotem na siatkę sterującą tej lampy dla pokrycia strat spowodowanych tłumieniem występujących w obwodzie strojonym. To powoduje silniejsze wzmocnienie sygnałów, a więc i zwiększenie czułości aparatu. Takie oddziaływanie obwodu anodowego „wstecz" na obwód siatki strojonej nazywa

się **dodatnim sprzężeniem zwrotnym lub reakcją.**

c. Wzmacniacz małej częstotliwości

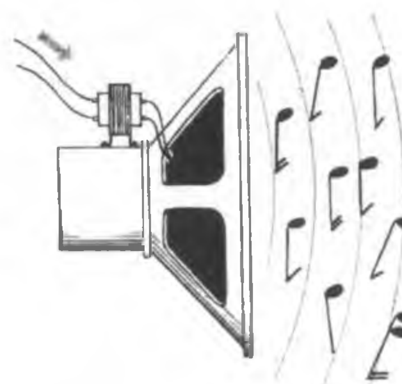
Lampa elektronowa może również wzmacniać drgania elektryczne.

Wzmacniacz małej częstotliwości może być jednolampowy lub wielolampowy.

Jeżeli jednolampowy wzmacniacz małej częstotliwości nie daje dostatecznie silnej audycji, wówczas najczęściej stosujemy wzmacniacz dwulampowy, tzw. **„dwustopniowy"**, przy czym jako ostatnią lampę stosujemy zwykle tzw. **pentodę** (lampę pięcioelektrodową — specjalnie skonstruowaną), która daje o wiele większe wzmocnienie i większą moc elektryczną do zasilania głośnika niż zwykła lampa o trzech elektrodach, tzw. trioda.

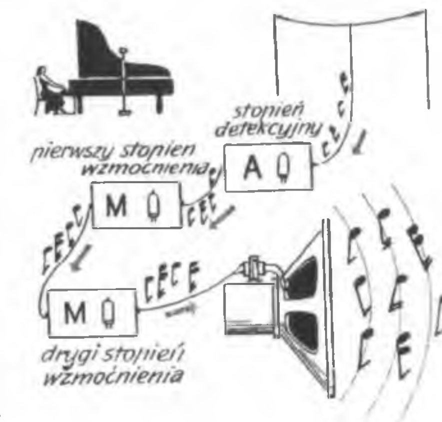
Pentoda użyta we wzmacniaczu małej częstotliwości nazywa się popularnie „pentodą małej częstotliwości".

Spotyka się czasami również i triodę przystosowaną do oddawania dużej mocy do zasilania głośnika (np. typy: AD1, KDD1, DDD11 itp.).



Wzmocnione drgania elektryczne przekształca głośnik na fale dźwiękowe.

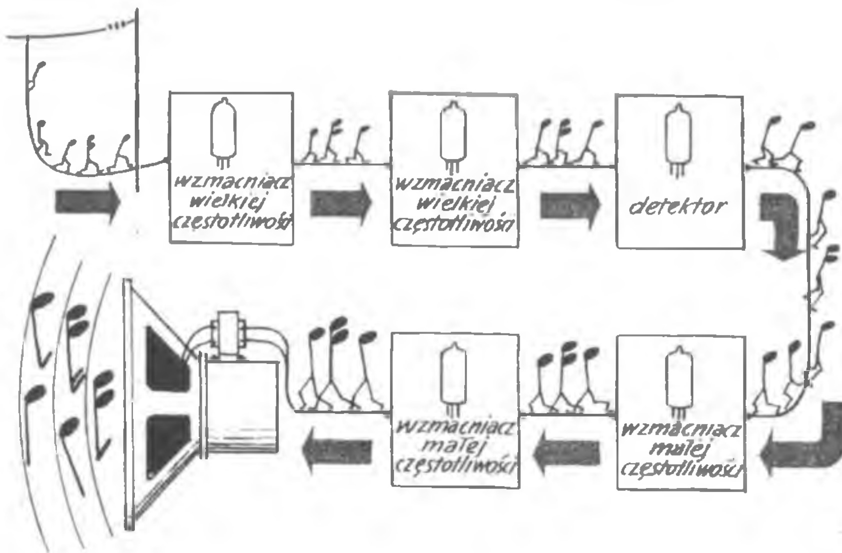
Najprostszy odbiornik radiowy składa się ze stopnia detekcyjnego oraz jedno- lub dwustopniowego wzmacniacza małej częstotliwości, tak jak to obrazowo przedstawia rysunek.



d. wzmacniacz wielkiej częstotliwości

Zdarza się bardzo często, że fale odległych stacji nadawczych dochodzą do odbiornika bardzo osłabione. Aby lampa detekcyjna mogła dokładnie spełnić swoje zadanie, napięcia wielkiej częstotliwości (powstałe od tej fali) muszą być przedtem odpowiednio wzmocnione. Wzmocnienie to odbywa się we **wzmacniaczu wielkiej częstotliwości.**

Jeżeli wzmacniacz jednolampowy wielkiej częstotliwości nie daje dostatecznego wzmocnienia, należy wówczas stosować wzmocnienie dwukrotne za pomocą wzmacniacza dwulampowego (dwustopniowego).



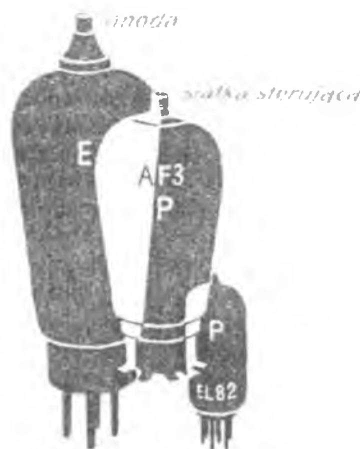
Układ bardziej skomplikowanego odbiornika obejmuje dwustopniowe wzmocnienie wielkiej częstotliwości oraz dwustopniowe wzmocnienie małej częstotliwości.

We wzmacniaczu wielkiej częstotliwości można również zamiast zwykłej trójelektrodowej lampy (triody) stosować inne lampy, dające wielokrotnie większe wzmocnienie. Nazywają się one **lampami ekranowymi i pentodami wielkiej częstotliwości**.

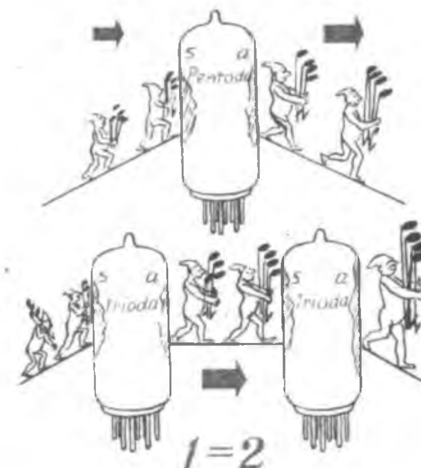
Jak widzimy, pentody służą do silnego wzmocnienia tak drgań elektrycznych o częstotliwościach akustycznych, jak i drgań elektrycznych o częstotliwościach fali nośnej.

W celu odróżnienia pentod pod względem rodzaju pracy, nazywamy pierwsze z wyżej wymienionych **pentodami małej częstotliwości**, drugie zaś — **pentodami wielkiej częstotliwości**.

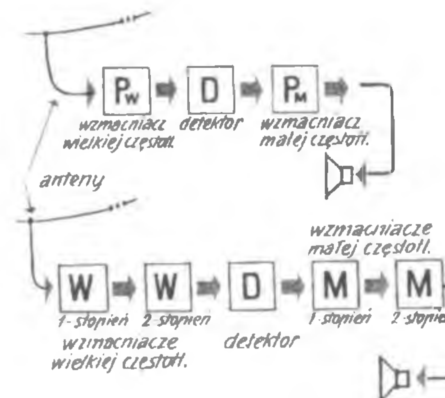
Na rysunku dalej przedstawiono trzy lampy różnych typów, oznaczając lampę ekranową literą *E*, pentodę zaś — literą *P*.



Porównajcie wielkość lamp dawnej i obecnej produkcji. Dawno produkowane lampy były bardzo duże, obecnie produkowane są bardzo małe, a mimo to nie ustępują dawnym typom, a nawet je przewyższają pod względem wzmocnienia napięć i wartości oddawanej mocy.



Jedna lampa ekranowa lub pentoda wielkiej częstotliwości, zastosowana we wzmacniaczu wielkiej częstotliwości, może dać tak duże



wzmocnienie, jak dwie (lub więcej) zwykłe triody, odpowiednio połączone ze sobą.

Widzimy zatem, że stosując lampy o wielkim wzmocnieniu (pentody) możemy zmniejszyć ilość lamp w odbiorniku i otrzymać ten sam wynik, co przy większej ilości lamp zwykłych (triod).

Odbiorniki, których człony konstrukcyjne zostały omówione, należą do tak zwanych odbiorników o **„bezpośrednim wzmocnieniu"**, często nazywanych **„prostymi"**.

W ostatnich czasach odbiorniki o bezpośrednim wzmocnieniu należą już do rzadkości; montują je najczęściej tylko początkujący radioamatorzy. Wyparły je odbiorniki tzw. **superheterodynowe**.

B. Odbiorniki superheterodynowe

Z kolei zapoznamy się ogólnie z odbiornikami typu superheterodynowego, w których praca polega na tzw. **przemianie częstotliwości**.

Rozpatrując bardzo ogólnie działanie takich odbiorników możemy powiedzieć, że za pomocą obwodów strojonych „wybieramy" jedną z fal nadawanych przez radiostacje nadawcze i doprowadzamy ją do sterującej siatki lampy tzw. „mieszającej". W specjalnym obwodzie, zwanym **oscylacyjnym** lub **heterodyną**, wytwarzane są odpowiednie drgania elektryczne, które po nałożeniu na sygnały otrzymane z anteny powodują powstawanie nowych drgań o innej, lecz **zawsze stałej częstotliwości**, tzw. **pośredniej**. Te ostatnie wędrują do części aparatu, która je wzmacnia, a następnie dalej — do prostowania (detekcji) oraz do części wzmacniającej małą częstotliwość (akustyczną) i do głośnika. Wzmacniacz tzw. „pośredniej częstotliwości" nastrojony jest **na stałe na częstotliwość pośrednią**, wynoszą

cą w różnych odbiornikach od 450 kHz — 475 kHz (np. 468 kHz).

Zadaniem lampy mieszającej jest więc takie „zmieszanie" sygnałów otrzymanych z anteny ze specjalnie dobranymi drganiami elektrycznymi wytworzonymi w heterodynie, aby bez względu na wielkość częstotliwości odbieranej fali można było otrzymać drgania o stałej częstotliwości, równej tej, na jaką są nastrojone obwody we wzmacniaczu pośredniej częstotliwości.

W celu dokładniejszego zrozumienia działania superheterodyny wyjaśnimy zjawiska w niej powstające.

a. Lampa „mieszająca"

Wyobraźmy sobie, że w przestrzeni znajduje się olbrzymi tłum karzełków, niosących paczki z różnymi częstotliwościami (falami różnych stacji nadawczych).



Odbiornik nasz, nastrojony w danej chwili na jedną z fal promieniowanych przez różne radiostacje, przepuszcza przez swoje obwody na siatkę sterującą lampy mieszającej tylko te napięcia, których częstotliwość odpowiada długości fali wybranej przez dostrojenie obwodów do rezonansu.



Możemy powiedzieć, że karzełki, niosące paczki z częstotliwością wybraną przez rezonansowy obwód wejściowy odbiornika, dochodzą do siatki lampy mieszającej.

W lampie tej znajduje się jakby „kontroler", który odejmuje (lub dodaje) do paczek z przynoszoną częstotliwością, wybraną w danej chwili z obwodu antenowego, tyle nowej częstotliwości, wytworzonej przez specjalny obwód heterodyny, aby częstotliwość we wszystkich paczkach była stale jednakowa i równa częstotliwości pośredniej, niezależnie od tego, jakie częstotliwości w paczkach zostały przyniesione.

Po wyrównaniu częstotliwości w paczkach karzełki niosą je dalej do wzmacniacza „pośredniej" częstotliwości.

Jak z tego widzimy, obwód heterodyny jest tak wykonany, że w każdej chwili, niezależnie od częstotliwości (wielkiej) napięć doprowadzonych z anteny odbiorczej do odbiornika, wytwarza zawsze tyle nowych napięć o takich częstotliwościach, aby po ich zmieszaniu powstawały nowe napięcia, lecz już o tej samej pośredniej częstotliwości. Napięcia o częstotliwości pośredniej będą dalej wzmacniane we wzmacniaczu pośredniej częstotliwości.



Otrzymane napięcia o częstotliwości pośredniej niosą na sobie w dalszym ciągu modulację, podobnie jak niosła je fala nośna wypromieniowana przez antenę nadawczą radiostacji.

Lampy elektronowe, pracujące w obwodzie „mieszacza", mają bardziej skomplikowaną konstrukcję niż zwykłe lampy trójelektrodowe (triody), lecz zasada, na jakiej opiera się ich działanie, jest taka sama.

Mają one np. osiem elektrod, znajdujących się wewnątrz bańki, i takie lampy nazywane są **„oktodami"**, jak np. typy: AK1, AK2, EK2, EK3 itp. lub tak zwane **„triody-heksody"**, mające w swoim balonie dwa osobne układy, składające się z trzech i sześciu elektrod, jak np. typy: ACH1, ECH3, ECH4, ECH11, ECH21, ECH81 itp.

b. Wzmacniacz pośredniej częstotliwości

Po sprawdzeniu paczek z „częstotliwościami" i uzupełnieniu ich przez „kontrolera" do częstotliwości pośredniej, karzełki nasze maszerują dalej — do wzmacniacza pośredniej częstotliwości.

Wzmacniacz pośredniej częstotliwości składa się z obwodów wielkiej częstotliwości, **stale nastrojonych** na tę częstotliwość (np. 468 kHz), oraz — z lampy elektronowej.

Po przejściu przez lampę karzełki są już wzmocnione, lecz często się zdarza, że wymagamy od nich większego wzmocnienia i dlatego kierujemy cały ich pochód do następnej lampy, poprzez podobne obwody.

Po wystarczającym już wzmocnieniu karzełki oddają swoje paczki z „częstotliwością pośrednią" (na którą w dalszym ciągu są nałożone częstotliwości akustyczne mowy lub muzyki) w jednej z następnych lamp, gdzie odbywa się detekcja. Tam wybrane z paczek nutki wędrują w celu dalszego wzmocnienia do wzmacniacza małej częstotliwości, podobnie jak to zostało omowione w poprzednich rozdziałach.

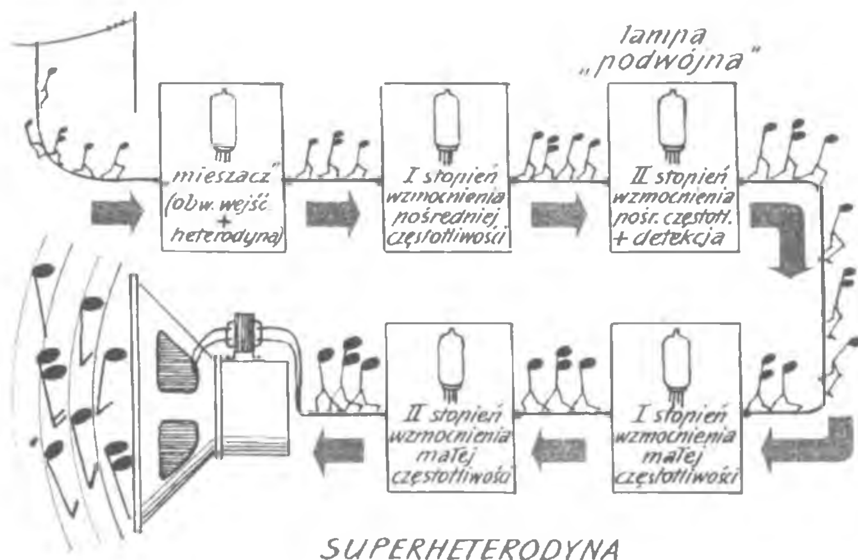
Widzimy zatem, ze po „zmieszaniu" częstotliwości następuje jeszcze wielokrotne ich wzmocnienie, co w rezultacie daje olbrzymi wzrost słabych napięć w. cz. otrzymanych z anteny, a więc i bardzo dużą czułość odbiornika, wpływającą na zasięg odbioru.

Lampy pracujące we wzmacniaczu „pośr. częst." są przeważnie pen-



todami wielkiej częstotliwości lub lampami „kombinowanymi", mającymi w swoim balonie dwa różne zespoły. W tym ostatnim przypadku unikamy dużej ilości lamp w odbiorniku, przy takiej samej uzyskiwanej czułości odbiornika, a więc i jego „zasięgu" oraz takiej samej sile głosu.

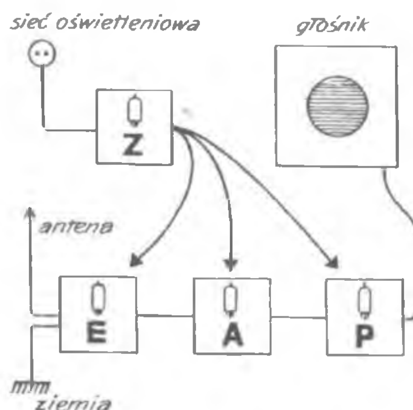
Odbiorniki superheterodynowe mają wielką przewagę nad odbiornikami o bezpośrednim wzmocnieniu.



c. **Zasilanie aparatu radiowego**

Każdy odbiornik lampowy potrzebuje do zasilania źródła prądu. Istnieją **odbiorniki bateryjne**, których lampy czerpią prąd z baterii anodowej i akumulatora lub baterii żarzenia, oraz **odbiorniki sieciowe**, które pobierają prąd z sieci oświetleniowej.

Odbiorniki sieciowe są najczęściej zasilane z sieci prądu zmiennego albo czasami stałego, albo — z jednej i drugiej. W tym ostatnim przypadku są to tzw. **odbiorniki uniwersalne**.



Na przykład trójlampowy odbiornik, przystosowany do zasilania z sieci prądu zmiennego, ma najczęściej cztery lampy, z których trzy są odbiorcze, a czwarta jest **prostownicza**, przetwarzająca prąd zmienny na — pulsujący, który po wygładzeniu upodabnia się do prądu stałego i można nim zasilać anody oraz odpowiednie „siatki pomocnicze" lamp. Lampy te są pośrednio żarzone prądem z sieci (poprzez transformator lub przez połączenie włókien lamp szeregowo w odpowiedni sposób).

W odbiornikach typu uniwersalnego często jest jeszcze tzw. **lampa oporowa** („urdox"), która ma za zadanie **utrzymywanie stałej wartości natężenia** prądu żarzenia bez względu na pewne wahania napięcia zachodzące w sieci lub odbiorniku.

Obecnie, coraz częściej zamiast lampy oporowej stosuje się specjalny opornik zwany **termistorem**, który zabezpiecza włókna lamp przed przeciążeniem. W odbiornikach uniwersalnych, zamiast lampy prostowniczej stosuje się często suchy **prostownik miedziowy, kuprytowy, selenowy, germanowy, krzemowy** lub innego rodzaju.

Poza wymienionymi aparatami radiowymi są jeszcze tzw. **odbiorniki samochodowe**, zasilane całkowicie prądem z akumulatora przez specjalny wibrator, zamieniający prąd stały niskowoltowy (6 V lub 12 V) na prąd stały o napięciu około 250 V do zasilania anod lamp.

Włókna lamp w takich odbiornikach żarzone są bezpośrednio prądem z akumulatora.

19. Wiadomości o tranzystorach

Mówiliśmy o lampach. Technika radiowa idzie jednak naprzód milowymi krokami. Obecnie lampy elektronowe, zwane popularnie radiowymi, mają „jeszcze" zastosowanie, lecz należy przypuszczać, że przyszłość należy do tak zwanych „półprzewodników", które mogą całkowicie zastąpić lampy elektronowe.

Obecnie już coraz częściej stosuje się tak zwane „diody germanowe" i **tranzystory** zamiast lamp radiowych.

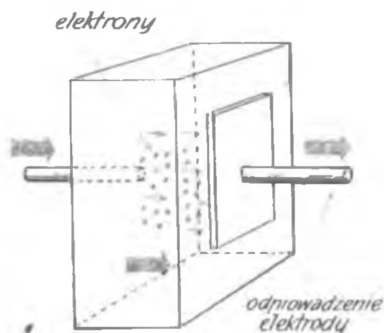
Nie od rzeczy więc będzie po-

święcić kilka słów na temat działania tranzystorów.

Tranzystory działają podobnie jak lampy elektronowe. Przepuszczają one prąd tylko w jednym kierunku, a jednocześnie wzmacniają doprowadzone do nich sygnały radiowe.

Wykonane są z materiałów nazwanych „półprzewodnikami", które — jak wiemy — odznaczają się tym, że w styku np. z ostrzem odpowiedniego metalu przepuszczają prąd tylko w jednym kierunku; dla przepływu w drugim kierunku stanowią olbrzymią oporność. Są to najczęściej pierwiastki: german, krzem, ind itp. Na tej zasadzie pracują „diody germanowe", podobnie zresztą jak i zwykłe detektory kryształkowe.

Produkcja tranzystorów jest bardzo skomplikowana. Musi być zachowana: olbrzymia czystość, brak nawet pyłu w powietrzu, dokładność wycinania maleńkich płytek z odpowiednich półprzewodników i ich „spawania" z cieniutkimi elektrodami itp. Czynności te wykonuje się często pod mikroskopem.



Jeżeli do układu takiego półprzewodnika odpowiednio wprowadzi się jeszcze jedną elektrodę, do której przyłoży się pewien potencjał elektryczny, to można uzyskać wzmocnienie sygnałów radiowych, podobnie jak w lampie elektronowej.

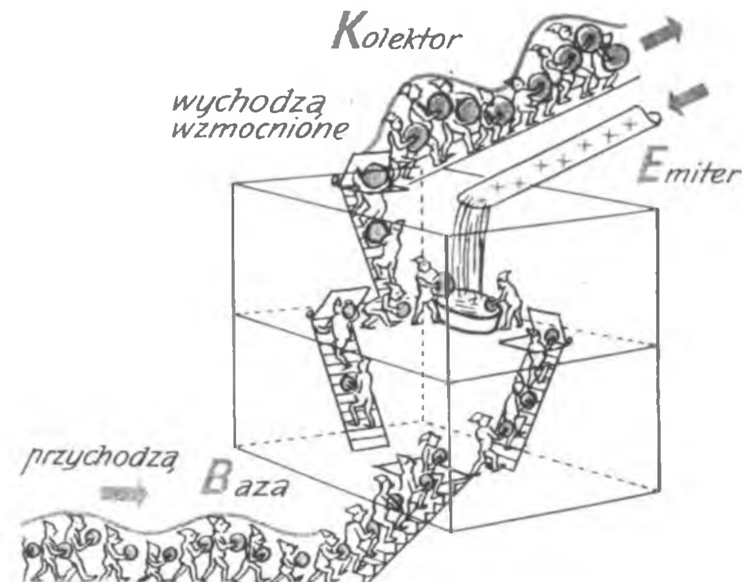
Wyobraźmy sobie teraz, że do budynku mającego dwa piętra, od dołu prowadzi droga i schody *B* do dolnej kondygnacji. Kondygnacja ta połączona jest z następną, położoną wyżej, wieloma drabinkami, które dostawione są do otworów znajdujących się w podłodze tej wyższej kondygnacji. Otwory te mają klapy, które nie mogą być całkowicie otwarte, gdyż przeszkadza im zastawka i sprężyna umieszczona przy zawiasach. Mogą tylko być odchylane z dołu przez karzełki; pozostawione same sobie opadają zamykając wejście do górnej kondygnacji.

W górnym pomieszczeniu znajduje się wanna, do której przez rurę *E* w suficie stale wlewa się płyn (prąd elektryczny), tak że uzupełnia ilość płynu, która stale maleje wskutek użytkowania go przez karzełki. Wanna w tym przypadku znajduje się „pod wpływem dodatniego potencjału" — stale przybywa płynu.

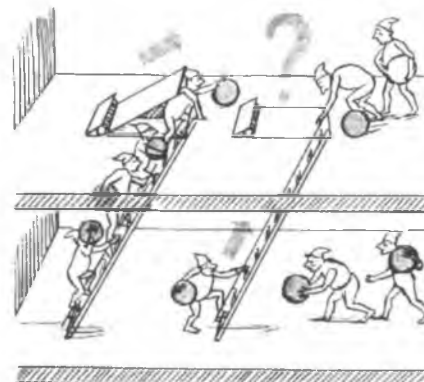
W suficie znajduje się również otwór *K* który prowadzi do wyjścia na zewnątrz.

Do dolnej kondygnacji dochodzą karzełki niosące kulki wykonane z miękkiej masy papierowej. Wchodzą one do dolnej kondygnacji budynku i biegną do podstawionych drabin, aby wejść na górną kondygnację. Wchodzą na drabiny, odchylają klapy i już znajdują się na górnym piętrze.

Powrotu na dół nie ma, gdyż klapy nie otwierają się z górnej kondygnacji, otworzyć je można tylko z dołu podnosząc do góry. Jest tylko



jeden kierunek drogi; można wejść — wyjść nie można.



Na górnej kondygnacji karzełki biegną szybko do wanny, zanurzają w niej kulki, które nasycone płynem znacznie zwiększają swoją objętość, a następnie po drabinie i przez otwór *K* wychodzą na zewnątrz budynku niosąc kulki zwiększone w stosunku do tych, jakie wnieśli.

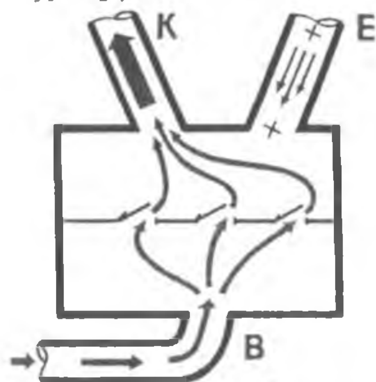


Zwiększenie objętości kulek odpowiada wzmocnieniu dostarczonych sygnałów radiowych. Papierowe kulki — to sygnały radiowe.

Zużyty płyn uzupełniany jest przez rurę *E*.

Przedstawiony obraz w pewnym stopniu uzmysławia pracę tranzystora. Jeśli w lampie elektronowej elektrony przebiegają w próżni, w jednym kierunku (od katody do anody), w przewodach elektrycznych, a więc w metalu — w obu kierunkach, to w półprzewodnikach przebiegają również, lecz tylko w jednym kierunku, podobnie jak w lampie elektronowej, wykorzystując wszystkie „dziury" (otwory z drabinkami i klapami, które otwierają się tylko w jednym kierunku).

sygnały po wzmocnieniu



doprowadzenie sygnałów elektrycznych

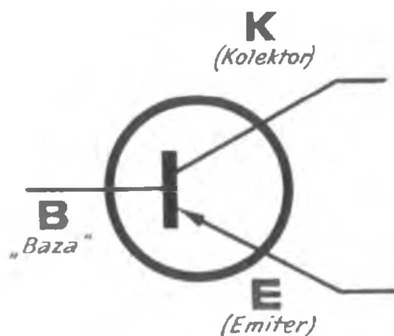
Droga, po której karzełki wchodzą do tranzystorowego „domku", jest drogą, po której wchodzą sygnały radiowe. W lampie elektronowej sygnały radiowe doprowadzane są do „siatki sterującej" — w tranzystorach zaś najczęściej do dolnej kondygnacji, czyli do tak zwanej **bazy.** Oznaczamy ją literą *B*.

Tak jak w lampie elektronowej siatka sterująca decyduje o przepływie prądu anodowego, tak w tranzystorach funkcję tę wykonuje „baza", sterując wartością prądu płynącego między „dwoma otworami w suficie budynku": jednym — doprowadzającym prąd i drugim — odbierającym go. Przypominam, że bazę oznaczamy literą *B*.

Przewód, przez który wpływa do tranzystora prąd z baterii, nazywa się **emiterem** i oznacza literą *E*.

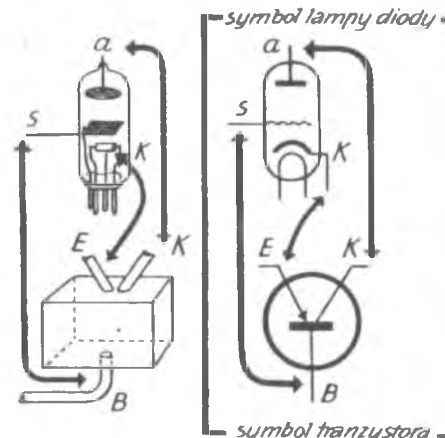
Przewód, z którego odbiera się „wzmocniony" prąd elektryczny wysterowany impulsami przychodzącymi do bazy, a więc impulsami „radiowymi", nazywa się **kolektorem** i oznacza literą *K*.

Symbol tranzystora przedstawiony jest na rysunku.

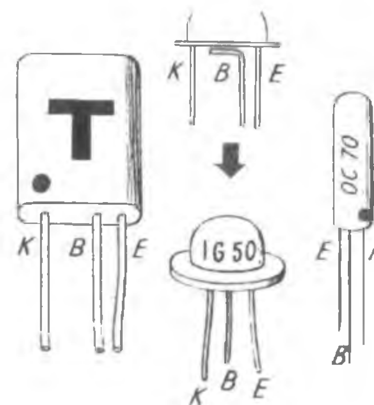


Nie wdając się w dokładne rozważania na temat rodzaju i różnego sposobu pracy tranzystora, możemy już powiedzieć, że pracuje on podobnie jak lampa radiowa.

Sygnały radiowe doprowadzane do jego bazy sterują prąd z baterii, płynący od emitera do kolektora, podobnie jak sygnały radiowe doprowadzane do siatki sterującej w lampie elektronowej sterują prąd anodowy płynący przez lampę. Ponieważ doprowadzony prąd jest znacznie silniejszy od doprowadzonych sygnałów radiowych, przeto na oporności obwodu wyjściowego, np. słuchawek radiowych, uzyskuje się znacznie silniejsze impulsy elektryczne, niż zostały doprowadzone. Następuje wzmocnienie sygnałów,



podobnie jak to miało miejsce w lampie elektronowej.

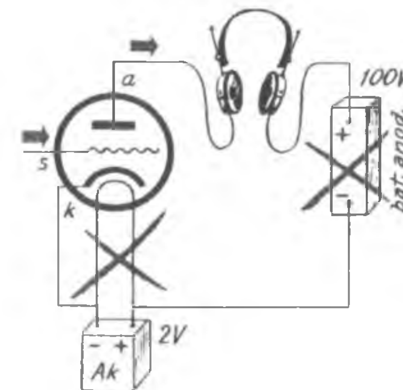


Wygląd paru tranzystorów przedstawiony jest na rysunku. Tranzystory mają bardzo małe wymiary. Wiele ich może zmieścić się nawet w zwykłym pudełku od zapałek. Umożliwia to montaż odbiorników o bardzo małych wymiarach.

Dalszą zaletą stosowania tranzystorów jest **brak baterii używanej do żarzenia włókna lamp radiowych, gdyż tranzystory takiego włókna nie mają, oraz brak wysokowoltowej baterii anodowej.** Stosuje się tylko jedną małą baterię



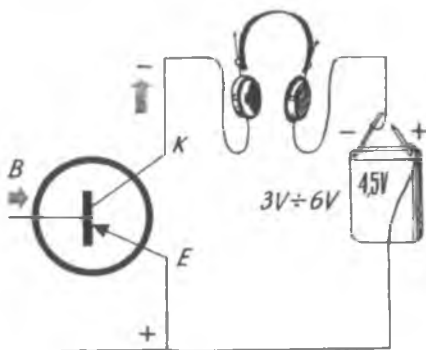
o napięciu od 3 V do 12 V, co znacznie zmniejsza ciężar odbiornika.



Jednocześnie warto nadmienić, że w warunkach normalnej pracy tranzystory mają znacznie większą trwałość niż radiowe lampy elektronowe.

Tak jak lampy radiowe, tak i tranzystory — zależnie od typu — mogą wzmacniać różne zakresy częstotliwości. Tak jak lampy przeznaczone są do wzmacniania napięć

wielkiej częstotliwości, małej częstotliwości lub mocy, tak i tranzystory podzielone są na typy, które mogą pracować w obwodach wzmacniania wielkiej i małej częstotliwości oraz w stopniach mocy.



Warto również wiedzieć, że pod względem konstrukcji tranzystory wykonywane są jako tzw. „ostrzowe" i „warstwowe".

Nie będziemy szczegółowiej wdawać się w ich konstrukcję, gdyż nie jest to istotne; zasada ich pracy jest zawsze ta sama.

Tranzystory stosowane są już dzisiaj szeroko w różnych odbiornikach radiowych, szczególnie turystycznych, telewizorach i innych urządzeniach elektronicznych.

20. Zasilanie odbiorników prądem z sieci i zakłócenia przemysłowe

Jak już wiemy, odbiorniki lampowe mogą być dwóch rodzajów — bateryjne i sieciowe.

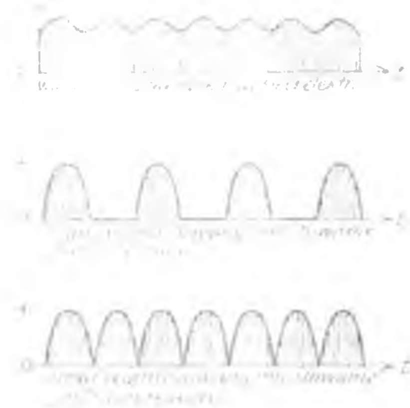
Odbiorniki **bateryjne** zasilane są prądem z baterii anodowej i akumulatora.

Do żarzenia włókien lamp służy akumulator o napięciu 2 lub 4 V (zależnie od typu stosowanych lamp w danym odbiorniku). Prądu anodowego dostarcza bateria anodowa o napięciu 120—150 V.

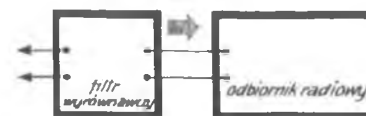
Każda bateria anodowa dostarcza idealnie równego prądu stałego. Nasuwa się pytanie, czy odbiornik mógłby być zasilany bezpośrednio **z instalacji prądu stałego** o napięciu 120 V lub 220 V po odpowiednim zredukowaniu tego napięcia.

Odbiornik bateryjny, do którego przyłączono by zamiast baterii anodowej instalację prądu stałego, odtwarzałby audycję silnie zniekształconą równomiernym buczeniem, czyli tzw. **przydźwiękiem sieci.**

Gdybyśmy zamiast baterii anodowej zastosowali prostownik, który zasilałby ten odbiornik za pomocą wyprostowanego napięcia **z sieci oświetleniowej prądu zmiennego,** zjawisko byłoby podobne — wystąpiłoby tak samo silne buczenie, warkot, czyli przydźwięk sieci.



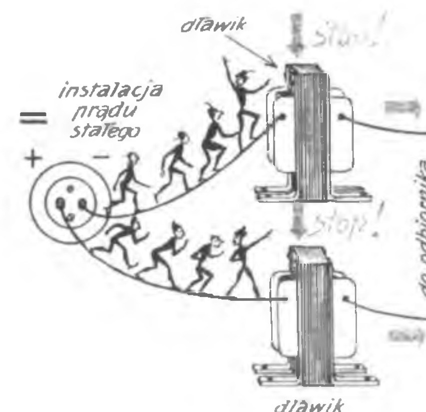
Powyższe zakłócenia w odbiorze tłumaczą się tym, że prąd w instalacji oświetleniowej prądu stałego i prąd wyprostowany z sieci prądu zmiennego nie są idealnie równe, lecz mają okresowe pulsacje.



Aby te nierówności zasilającego prądu wywołujące zakłócenia w odbiorze usunąć, musimy między instalację prądu stałego (lub prostownik — przy prądzie zmiennym) a odbiornik włączyć specjalny **filtr wyrównawczy,** zwany także **wygładzającym.**

Dla łatwiejszego zrozumienia działania takiego filtru przedstawmy zakłócenia te za pomocą szeregu ludków, biegnących po przewodach zasilających odbiornik, np. prądem stałym z instalacji oświetleniowej.

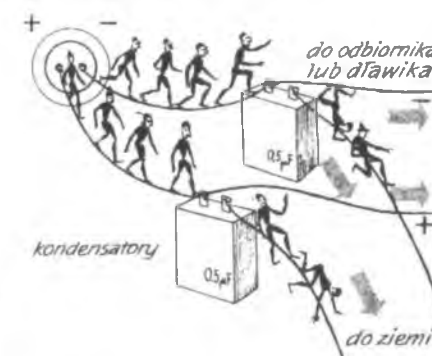
Aby otrzymać czysty odbiór, bez buczenia lub silnego warkotu, nie



możemy dopuścić tych ludków do aparatu; stawiamy zatem na ich drodze odpowiednie przeszkody w postaci **dławików małej częstotliwości.** Dławiki te mają dużą ilość zwojów dość grubego drutu, nawiniętego na rdzeniu składającym się z pakietu odizolowanych od siebie blaszek żelaznych.

Wskutek oporu, jaki stawia dławik ludkom, występuje ich tłok przy wejściu do wnętrza dławika.

Dla usunięcia powodujących zakłócenia ludków z przewodów zasilających odbiornik stosujemy przed dławikiem kondensatory stałe (blokowe lub elektrolityczne), które łatwo przepuszczają przez siebie większość ludków do „ziemi". W przewodach więc zostaje tylko równy prąd, nie zakłócony „przydźwiękiem"; prąd ten jest już wygładzony, bez pulsacji.

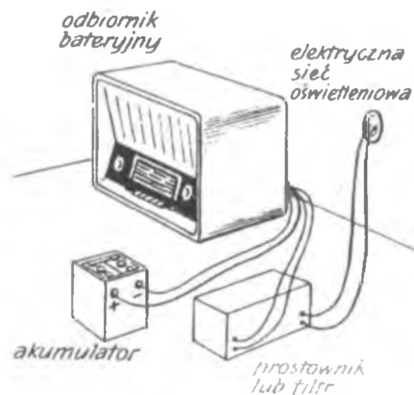


Dla jeszcze lepszej filtracji prądu, aby go upodobnić do prądu stałego otrzymywanego z baterii elektrycznej, stosujemy podobne kondensatory również i po dławikach. Usuwają one resztę ludków, które zdołały przedostać się przez dławik.

Przy zasilaniu odbiornika z insta-

lacji oświetleniowej prądu stałego stosujemy najczęściej dwa dławiki (po jednym w każdym przewodzie zasilającym). Przy zasilaniu zaś za pomocą prostownika przetwarzającego prąd zmienny z sieci na stały — pulsujący, używamy przeważnie jednego dławika, umieszczonego w „przewodzie plusowym".

„Wejście" i „wyjście" z dławików zostaje zablokowane kondensatorami do „ziemi".

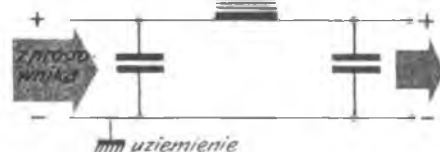


Dzięki użyciu filtru wygładzającego możemy w odbiornikach bateryjnych stosować zasilanie anod lamp z instalacji sieci prądu „stałego", jeżeli taka istnieje, lub z prostownika prostującego prąd zmienny z sieci (zamiast baterii anodowej). Akumulator, z którego żarzymy lampy odbiornika, musi być jednak w dalszym ciągu używany, gdyż **żarzenie** cieniutkich włókien lamp prądem pobieranym z sieci elektrycznej powodowałoby podobne do poprzednio opisanych zakłócenia w odbiorze.

Ażeby móc zasilać lampy całkowicie prądem zmiennym lub stałym, otrzymywanym z instalacji oświetleniowej, wyprodukowano, o czym już wiecie, specjalne lampy o grubszym włóknie, znajdującym się w izolacyjnym cylinderku (katodzie), pokrytym warstewką tlenków metali emitujących elektrony. Włókno to ma za zadanie podgrzewanie cylinderka — „katody" do takiej temperatury, przy jakiej elektrony zostają z niego „wyrzucane". Ponieważ cylinderek ten jest stosunkowo gruby (w porównaniu z włóknem), przeto długo utrzymuje ciepło i nie jest tak wrażliwy na okresowe wahania temperatury, występujące podczas okresowych zmian napięcia w sieci — jak cieniutkie włókno lamp żarzonych z akumulatora.

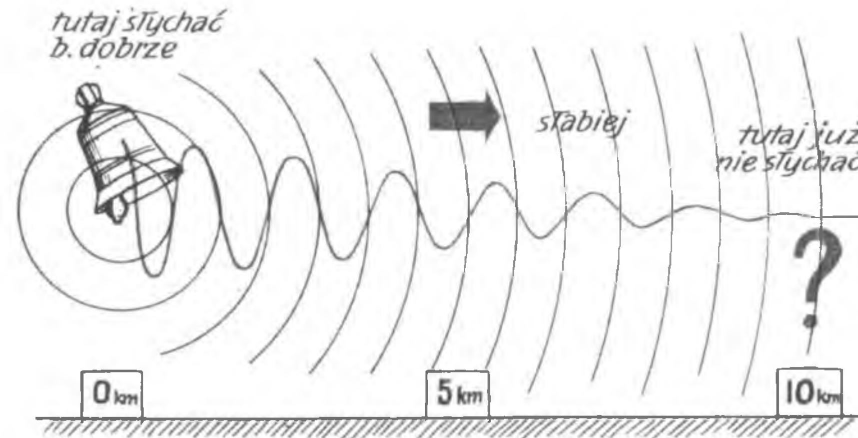
Schematy takich filtrów wygładzających pulsacje przedstawiono na rysunku.





Dzięki lampom pośrednio żarzonym możemy zmontować odbiornik zasilany całkowicie z sieci prądu zmiennego lub z instalacji prądu stałego, w którym zasilacz (prostownik z filtrem przy zasilaniu prądem zmiennym lub sam filtr — przy prądzie stałym) znajduje się wewnątrz skrzynki jako część składowa aparatu. Do opisu tych filtrów jeszcze wrócimy.

Powszechnie wiadomo, że stacje



radiofoniczne promieniują ze swych anten fale o różnych długościach.

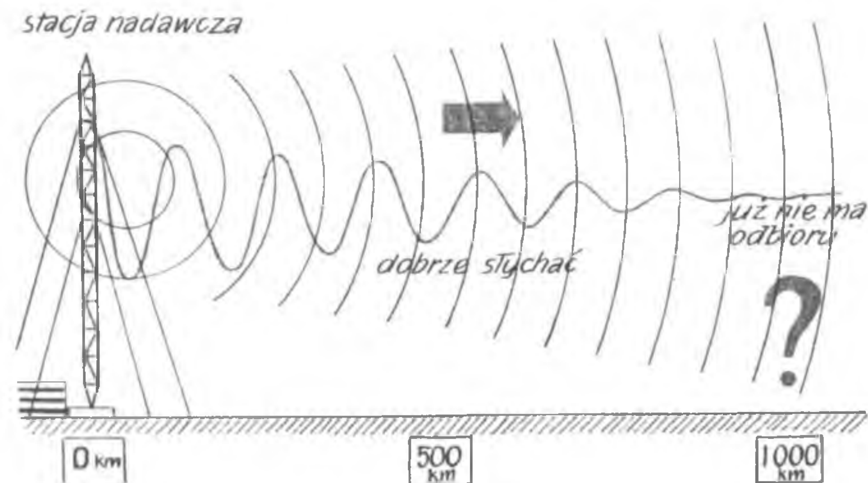
Są to fale krótkie, średnie, długie lub utrakrótkie (UKF).

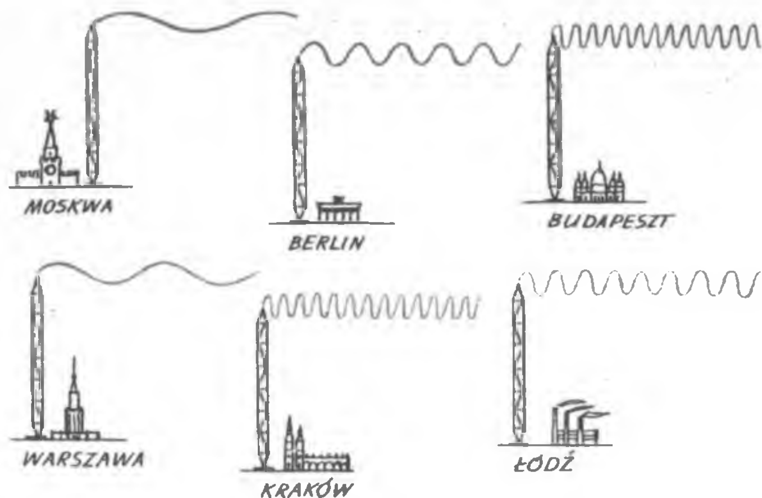
Zależnie od mocy stacji nadawczej, fala rozchodzi się z większą lub mniejszą siłą (mocą).

W miarę oddalania się od anteny stacji nadawczej fala stopniowo zatraca swą energię.

Zamieszczony rysunek przedstawia dzwon, którego fala dźwiękowa stopniowo zanika, w miarę oddalania się od niego. Fale radiowe mają podobny charakter. Słabną one w miarę oddalania się od stacji nadawczej — co jest zupełnie zrozumiałe.

Radiofoniczne stacje nadawcze pracują na różnych długościach fal: **na falach długich (1000—2000 m); średnich (200—600 m); krótkich**





(10—55 m) oraz na — ultrakrótkich (UKF) w zakresie fal krótszych niż 10 m.

Takie zakresy falowe mają na skali nowoczesne odbiorniki lampowe.



Aby uzyskać odbiór audycji z żądanej radiostacji, należy odbiornik „nastawić" na taką falę, jaką promieniuje antena nadawcza tej stacji.

W pewnych przypadkach zamiast audycji występują w głośniku aparatu radiowego silne szumy i trzaski zagłuszające odbiór. Zakłócenia te mogą pochodzić z atmosfery lub są spowodowane iskrzeniem różnych elektrycznych przyrządów.



Na ogół zakłócenia atmosferyczne są nieokresowe, bezładne, przemysłowe zaś przejawiają pewną „powtarzalność".

Mówimy, że pierwsze zakłócenia mają charakter **atmosferyczny**, drugie zaś — **przemysłowy.**

Elektryczny aparat do masażu jest także pewnego rodzaju stacją nadawczą i promieniuje również fale w szerokim zakresie częstotliwości.



Dlatego fale wytwarzane przez taki przyrząd elektryczny oddziaływają na odbiornik i zakłócają odbiór, niezależnie od ustawienia skali strojeniowej.

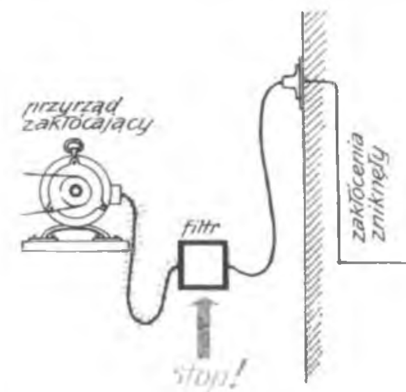


Zakłócenia wywołane przez jakikolwiek przyrząd elektryczny przedostają się przewodami sieci oświetleniowej do wielu odbiorników.

Nie tylko wspomniane aparaty do masażu, lecz prawie wszystkie przyrządy elektryczne, które iskrzą podczas pracy, wywołują zakłócenia w odbiorze.



Aby nie dopuścić tych zakłóceń do odbiornika, **należy włączyć między sieć a przyrząd powodujący je**



oraz między sieć i odbiornik odpowiedni **filtr przeciwzakłóceniowy.**

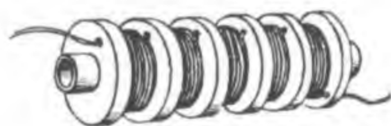
A teraz pomówimy właśnie o filtrach.

21. Działanie filtrów przeciwzakłóceniowych

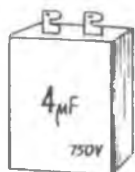
Każdy filtr przeciwzakłóceniowy składa się zasadniczo z dwóch czę-

ści: **dławika** i jednego lub kilku **kondensatorów**.

O konstrukcji tych części była już mowa w poprzednich rozdziałach.

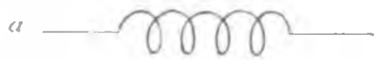


dławik (bez rdzenia)



kondensator

Dławik jest to właściwie cewka, o większej lub mniejszej ilości zwojów (zależnie od zastosowania), nawiniętych drutem izolowanym. Grubość drutu musi być dobrana do wartości przepływającego przez dławik prądu. Im większy jest ten prąd, tym większa powinna być grubość (średnica) drutu.





symbole dławików bez rdzenia





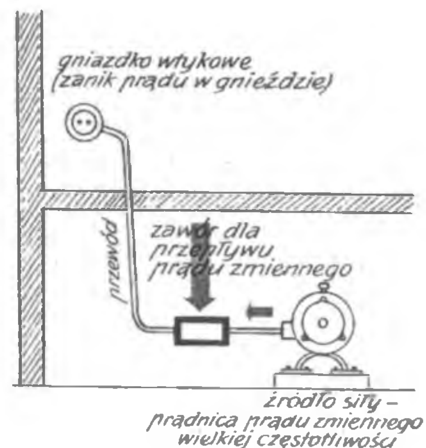
symbole dławików m. częst. z rdzeniem żelaznym

Dławiki takie mogą być z rdzeniem wykonanym z blaszek żelaznych lub — bez niego. Symbole takich dławików przedstawione są na rysunku.

Prąd stały przepływa łatwo przez dławik; następuje na nim tylko pewien spadek napięcia, zależny od natężenia przepływającego prądu i oporności nawiniętego na niego drutu.

Podobnie **prąd zmienny**, wytwarzany przez prądnicę, **przepływać będzie przez dławik**, jeżeli jego **częstotliwość** będzie **bardzo mała**.

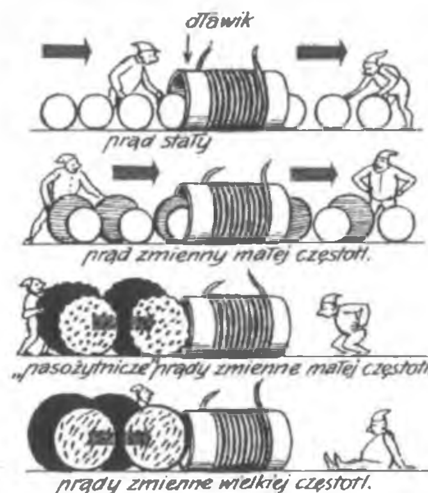
Niżej prądnica wytwarza **prąd zmienny o bardzo dużej częstotliwości**.



źródło siły – prądnica prądu zmiennego wielkiej częstotliwości

Prąd taki **może już nie przedostać się przez dławik**, mimo że prąd o małej częstotliwości przez niego przepływał. Dla przepływu takiego prądu dławik będzie przedstawiał wielką oporność elektryczną.

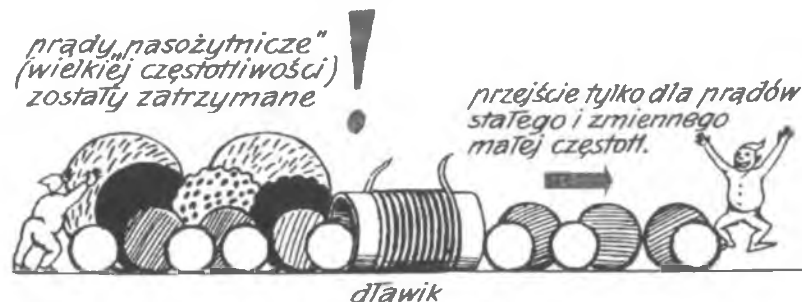
Na podstawie tych rozważań można już określić działanie odpowiedniego dławika. **Przepuszcza** on tylko **prąd stały i zmienny o małej częstotliwości**, **powstrzymuje** natomiast **prąd szybkozmienny**, czyli **wielkiej częstotliwości**.

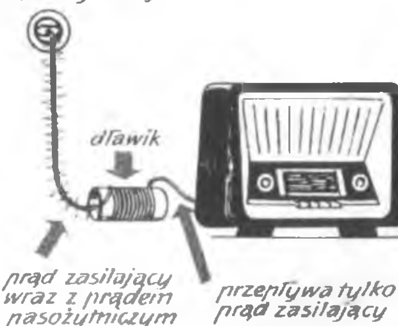


Prądy powodujące zakłócenia w odbiorze radiowym są prądami **wielkiej częstotliwości, czyli szybkozmiennymi,** przeto w przypadku zastosowania odpowiedniego dławika w przewodach sieci oświetleniowej zostaną one przez niego zatrzymane i nie przedostaną się dalej.

Każdy odbiornik sieciowy wymaga do zasilania lamp prądu stałego lub zmiennego o częstotliwości przemysłowej (50 Hz). Oba rodzaje prądów łatwo przepływają przez uzwojenie odpowiedniego dławika. Prądom zakłócającym natomiast, powstającym w sieci oświetleniowej, dławik zamyka drogę do odbiornika. Zamieszczony obok rysunek przedstawia omówione zjawisko.

Prawie każdy silnik elektryczny podczas pracy wytwarza prądy zakłócające, rozchodzące się w przewodach sieci oświetleniowej oraz w przestrzeni w postaci fal elektromagnetycznych.

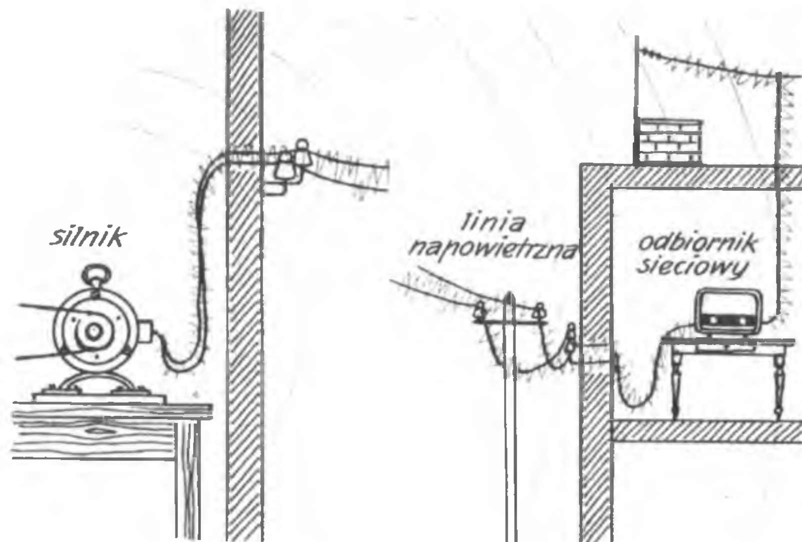




Podobnie dzieje się podczas iskrzenia w rozmaitych innych przyrządach elektrycznych, stosowanych np. w medycynie, fryzjerstwie itp.

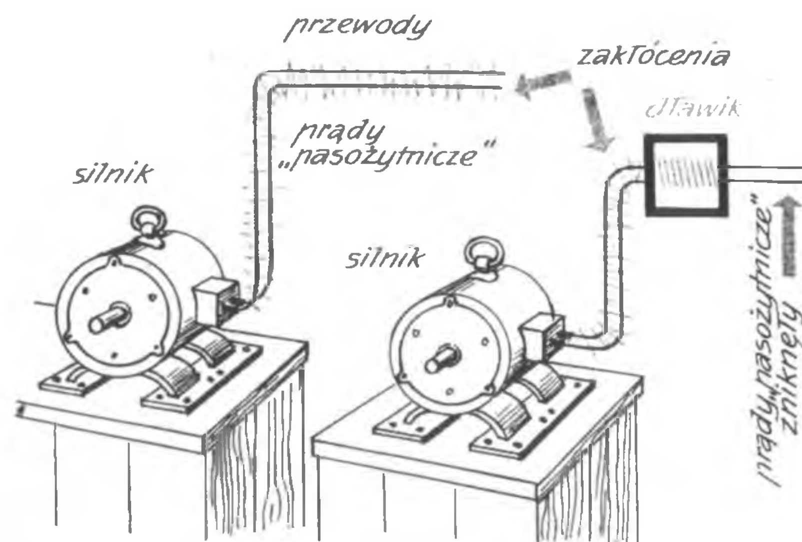
Aby prądy zakłócające nie przedostawały się do sieci oświetleniowej, **należy przy każdym silniku, możliwie blisko jego zacisków, włączyć odpowiedni dławik.**

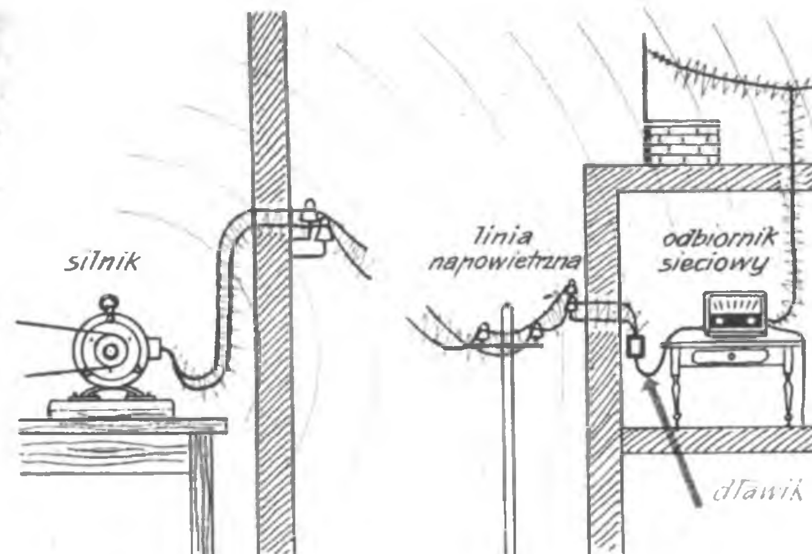
Podobnie trzeba uczynić przy każdym przyrządzie elektrycznym,



powodującym (nawet niewidoczne) iskrzenie.

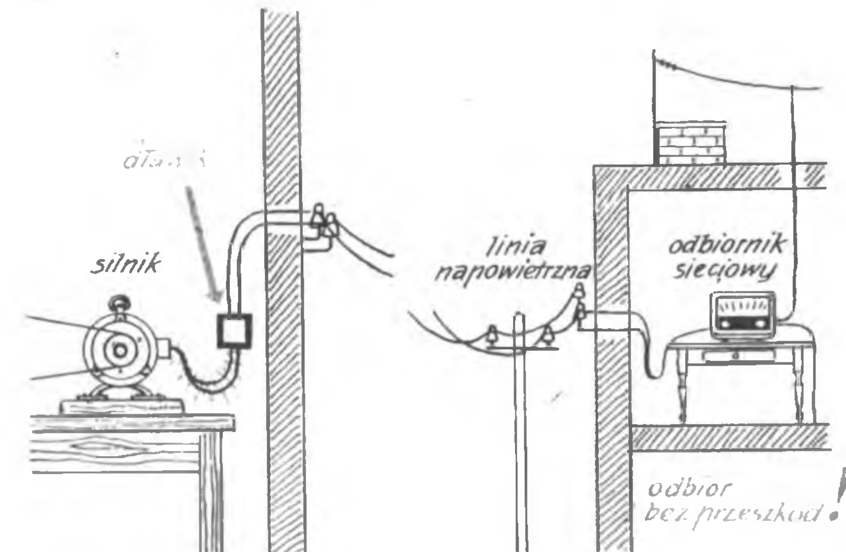
Prądy zakłócające przedostają się do odbiornika nie tylko za pośrednictwem przewodów sieci. Mogą one również, np. wskutek indukcji, oddziaływać na antenę (gdy przewody sieciowe przebiegają w pobliżu) i dochodzić do odbiornika. Najsilniejsze zakłócenia w odbiorze powstają wówczas, gdy kierunek anteny jest **równoległy** do kierunku





przewodów sieci elektrycznej (oświetleniowej, siłowej, tramwajowej itp.); najsłabsze zaś, gdy kierunki te są **prostopadłe**.

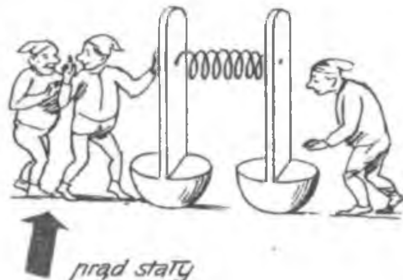
Włączony przed odbiornikiem dławik powstrzyma co prawda prądy zakłócające płynące z sieci elektrycznej, lecz przedostaną się one indukcyjnie do anteny odbiorczej, skąd popłyną już bez przeszkód do aparatu radiowego, wywołując trzaski i warkot zakłócające odbiór.



Na podstawie omówionych przykładów łatwo już można wywnioskować, że zakłócające prądy nie przedostaną się do odbiornika tylko w tym przypadku, gdy dławik będzie włączony do sieci **przy** samym **źródle, w którym powstają zakłócenia,** gdyż tylko wówczas skutecznie zostają usunięte te napięcia elektryczne, które mogłyby przedostać się do sieci (instalacji elektrycznej) oraz wywołać zakłócające fale elektromagnetyczne, oddziaływające bezpośrednio na zainstalowane w pobliżu anteny odbiorcze.

Nie zawsze jednak jest to możliwe, gdyż często trudno wykryć źródło tych zakłóceń.

Oprócz dławików stosowane są bardzo często również **kondensatory.** Kondensatory, podobnie jak dławiki, umożliwiają tłumienie zakłóceń w odbiorze radiowym.



Kondensator można by umownie przedstawić np. jako dwie płytki umocowane na półkulach i połączone śrubową sprężyną. Prąd stały jest tu przedstawiony jako szereg karzełków.

Gdy prąd stały (jeden z karzełków) popchnie jedną płytkę, to pod wpływem poruszania się sprężyny druga płytka wychyli się na chwilę z położenia równowagi. Wychylenie drugiej płytki nastąpi tylko **przy pierwszym impulsie prądu stałego,** po czym wróci ona do położenia równowagi (mimo że wychylenie pierwszej płytki trwa w dalszym ciągu, czyli że prąd stały włączony jest w dalszym ciągu na pierwszą płytkę).



Dalsze oddziaływanie prądu stałego na pierwszą płytkę (podtrzymywanie jej przez karzełka) nie wywołuje już wychylenia drugiej płytki z położenia równowagi



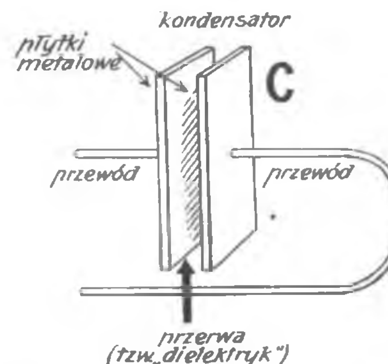
Prąd stały zatem (podczas stałego oddziaływania na jedną z płytek) nie oddziałuje na drugą płytkę, a więc **nie może przedostać się przez kondensator.**

Wiemy to już z poprzednich rozważań.

Prąd zmienny oddziałuje na kondensator zupełnie inaczej. Pod wpływem stale zmieniających się kierunków impulsów pierwsza płytka waha się ciągle w obie strony. Wahania te udzielają się i drugiej płytce. **Kondensator przepuszcza prąd zmienny.**

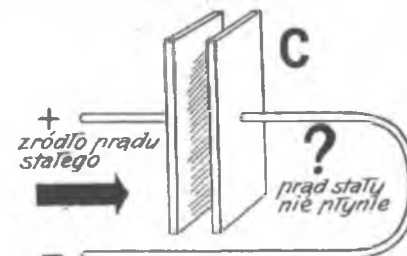


Wiemy to również z poprzednich rozważań.

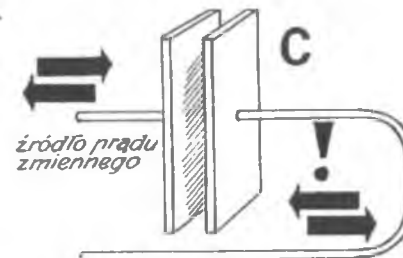


W rzeczywistości kondensator elektryczny składa się co najmniej z dwóch równoległych płytek metalowych, między którymi nie ma żadnego połączenia — jest tzw. **dielektryk** powietrzny lub z odpowiedniego materiału izolacyjnego.

Prąd stały przepływa przez kondensator tylko w pierwszym momencie jego włączenia (pierwszy impuls), potem przepływ ustaje.



Prąd zmienny przepływa przez kondensator.

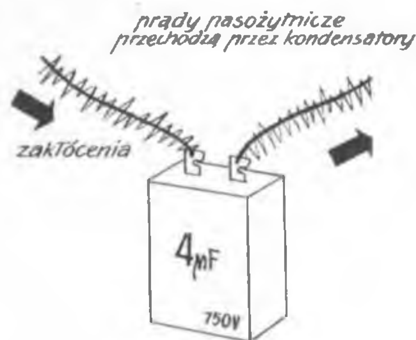


Oporność, jaką napotyka każdy prąd zmienny przy przepływie przez kondensator, zależy od pojemności elektrycznej tego kondensatora i częstotliwości prądu przepływającego.

Oporność ta jest większa dla prądu o mniejszej częstotliwości (przy częstotliwości = 0 Hz — oporność jest nieskończenie duża i prąd przez kondensator nie przepływa, gdyż wówczas prąd zmienny staje się prądem stałym).

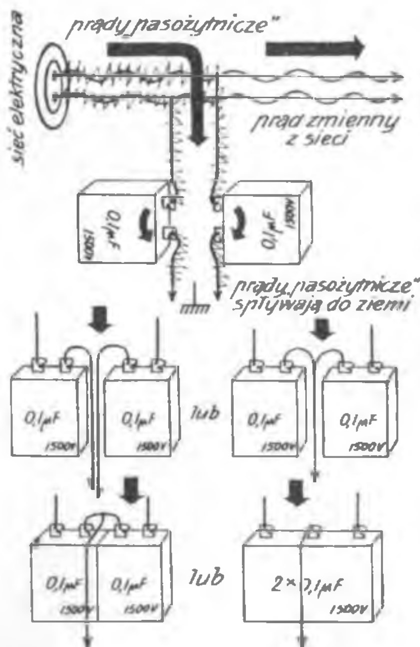
Prądy o wielkich częstotliwościach

przepływają przez kondensator bardzo łatwo, ponieważ oporność jego dla tych prądów jest bardzo mała.



Dla prądu o pewnej, stałej częstotliwości, oporność kondensatora jest tym mniejsza, im większa jest jego pojemność.

Jak wiadomo, prądy zakłócające są prądami zmiennymi. Mogą one



zatem przedostać się przez kondensator.

Ponieważ częstotliwość prądu przemysłowego jest stosunkowo mała (50 Hz), przeto kondensatory mogą być stosowane do tłumienia (usuwania) prądów zakłócających, których częstotliwość jest wielokrotnie wyższa. Prąd oświetleniowy będzie wówczas przepływać przez nie minimalnie, zwłaszcza jeżeli pojemność kondensatorów będzie niewielka. Natomiast prądy wywołujące zakłócenia w odbiorze łatwo przedostaną się przez nie i spłyną do ziemi.

Na zamieszczonych rysunkach przedstawiono rozmaite sposoby przyłączania różnych „kondensatorów przeciwzakłóceniowych" do przewodów elektrycznych (oświetleniowych, siłowych itp.).

Skuteczność filtrowania zakłóceń jest jednak większa przy użyciu kondensatorów łącznie z dławikami niż przy użyciu samych tylko dławików lub kondensatorów.



Kondensatory są stosowane również (w innych układach przeciwzakłóceniowych) jako tzw. „gasiki iskier" w elektrycznych przyrządach i silnikach, gdyż powstawaniu iskier elektrycznych towarzyszą zawsze prądy zakłócające. Gaszenie iskier elektrycznych jest najskuteczniejszym środkiem do zwalczania prądów zakłócających odbiór radiowy.

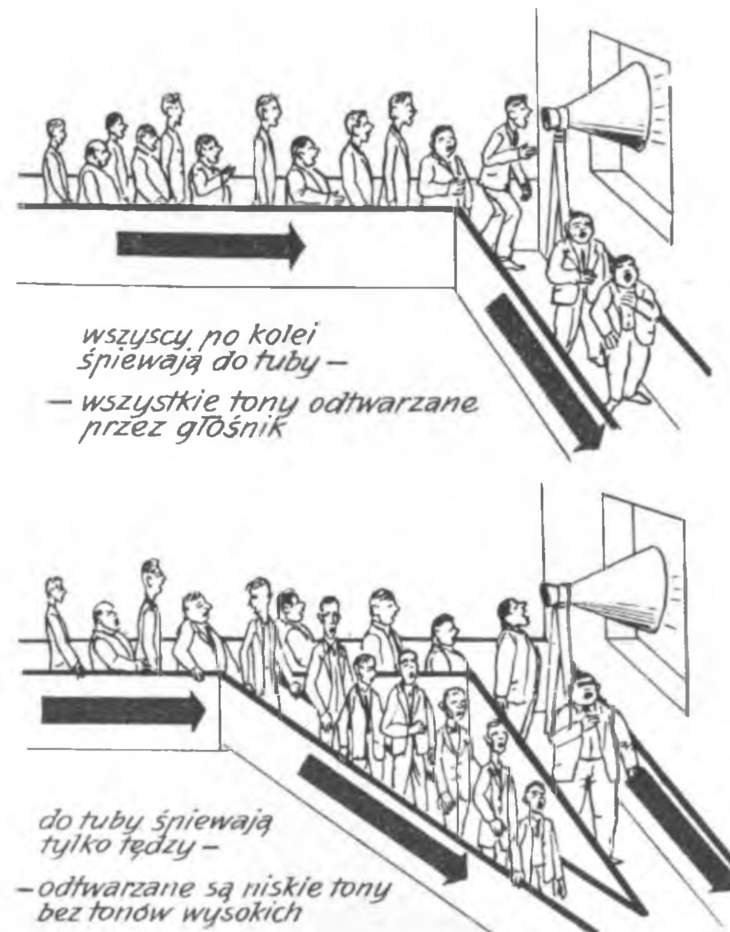
22. Regulacja „barwy dźwięku"

Drgania elektryczne małej częstotliwości, odpowiadające mowie i muzyce, doprowadzone do głośnika, można przedstawić np. jako szereg dźwięków wydawanych przez śpiewających mężczyzn (dźwięki składają się z poszczególnych tonów).

Załóżmy, że mężczyźni chudzi śpiewają cieniutko (wysoko), tędzy — nisko (basem).

Mężczyźni wysocy śpiewają głośno, niscy — cichutko.

Mężczyźni ci idą długim korytarzem i przechodząc obok tuby

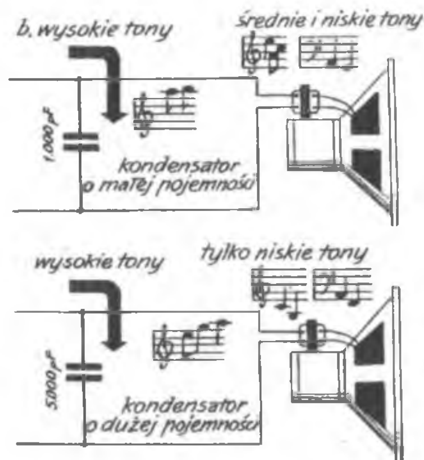


głośnika śpiewają do niego w odpowiedniej tonacji.

Zamieszczony rysunek przedstawia wędrówkę tych mężczyzn. Oznaczona na rysunku droga, jak widzimy, rozgałęzia się. Długi korytarz zaopatrzono w dodatkowe przejście z pominięciem głośnika. Przejście to jednak jest tak wąskie, że przedostają się przez nie tylko szczupli mężczyźni, tędzy natomiast, nie mogąc przedostać się przez nie, zmuszeni są iść dłuższą drogą i przechodzić obok głośnika.

Głośnik odtwarza wówczas tylko średnie i niskie tony, gdyż śpiewacy wysokich tonów ominęli go, przechodząc krótszą drogą.

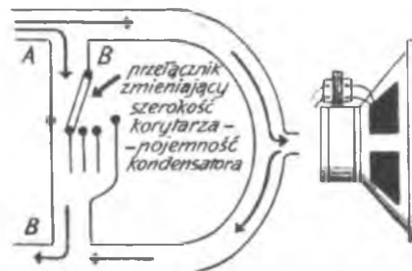
Opisany przykład przedstawiono niżej za pomocą odpowiednich części składowych odbiornika. Dodatkowe przejście dla wysokich



„tonów" stanowi tutaj kondensator. „Tony" średnie i niskie nie mogą przedostać się przez ten kondensator, gdyż pojemność jego jest stosunkowo mała i przedstawia dla nich dużą oporność. Wystarcza ona tylko dla przepływu wysokich tonów, które mają większą liczbę drgań na sekundę (większą częstotliwość) niż tony średnie i niskie. Przez głośnik przechodzą wówczas „tony niskie i średnie", gdyż kondensator stanowi dla nich zbyt dużą oporność elektryczną, aby mogły one przez niego przepłynąć.

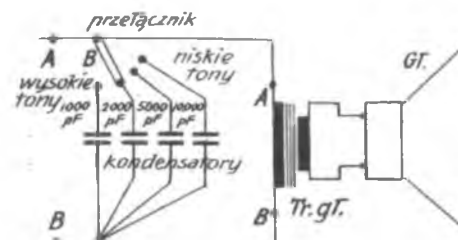
Podobnie, gdy dodatkowe przejście stanowić będzie kondensator o odpowiednio większej pojemności, wtedy oprócz tonów wysokich przedostawać się przez niego będą także tony średnie. Niskie tony jednak przechodzić muszą przez głośnik.

Mówiąc o kondensatorach i różnych „tonach" przez określenie „ton" rozumie się prąd elektryczny o pewnej częstotliwości.



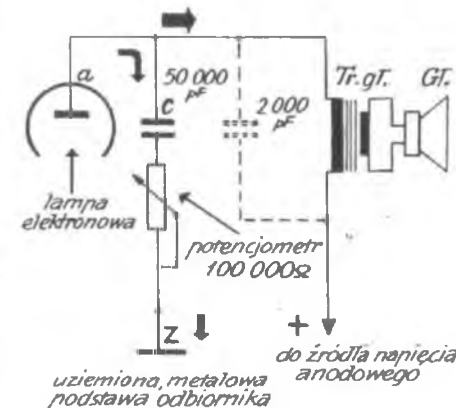
Aby **barwa dźwięku** mogła być zmieniana dowolnie, należy wykonać szereg dodatkowych przejść o różnej szerokości. Przez zamknięcie dostępu do tych przejść wszystkie tony będą skierowane do głośnika.

W odbiornikach radiowych stosuje się wiele różnych układów elektrycznych do zmieniania barwy dźwięku odtwarzanej audycji, a między innymi najprostszy — kilka kondensatorów o różnej pojemności, włączanych odpowiednim przełącznikiem. Przy włączeniu kondensatora o małej pojemności nastąpi stłumienie tylko bardzo wysokich tonów. Duży kondensator (o dużej pojemności) stłumi nie tylko tony wysokie, ale i średnie. Wartość pojemności włączonego kondensatora decyduje przeto o brzmieniu audycji (barwie dźwięku).



Na poprzednim rysunku oznaczono punktami *A* i *B* gniazdka głośnikowe (lub zaciski anodowego uzwojenia transformatora głośnikowego przy głośnikach dynamicznych, ewentualnie — końce cewki w głośnikach magnetycznych, wolno drgających czy innych). Aby móc zmieniać dowolnie brzmienie audycji (barwę dźwięku), należy do tych gniazdek równolegle przyłączać odpowiednio dobrany kondensator.

W nowoczesnych odbiornikach radiowych stosuje się różne układy elektryczne, wpływające na „barwę dźwięku", a między innymi — regulatory składające się ze zmiennego opornika (potencjometru) i kondensatora o odpowiedniej pojemności. Połączone są one w szereg ze sobą i włączone między końcówkę głośnika (od strony anody lampy głośnikowej) i „uziemienia" — „masy" aparatu tak, jak to pokazano na rysunku. Obracając pokrętłem potencjometru zmieniamy płynnie i bez przerw i skoków barwę dźwięku. Przez włączenie większej oporności potencjometru w szereg z kondensatorem utrudniamy tonom średnim przepływ przez niego. Przy ustawieniu potencjometru na małą oporność tony wysokie i średnie łatwo przez niego przepływają.



W pierwszym przypadku odbierana audycja ma osłabione tylko tony wysokie, w drugim — brzmi „głucho", gdyż nie ma również i tonów średnich.

Ustawiając pokrętło potencjometru w pośrednim „położeniu", możemy dowolnie dobierać barwę dźwięku audycji tak, aby jej brzmienie dla słuchającego było przyjemne.

23. Stereofonia

Wiemy już, że audycje odbierane przez aparat radiowy, a także muzyka odtwarzana z płyt gramofonowych albo z taśmy magnetofonowej, mogą mieć dowolnie zmienianą „barwę dźwięku" przez pokręcanie odpowiednim regulatorem, znajdującym się albo w stopniu wzmocnienia małej częstotliwości odbiornika radiowego, albo — we wzmacniaczu m. cz., sterowanym sygnałem z od-

biornika, gramofonu lub magnetofonu.

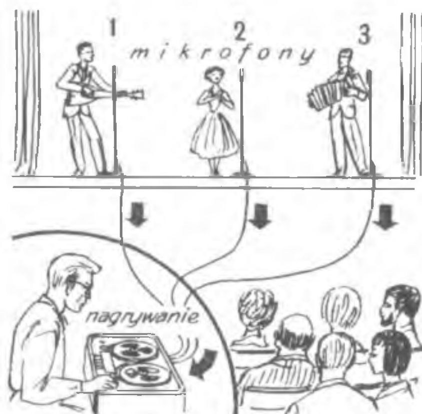
Dzięki „płynnej" regulacji barwy dźwięku możemy uzyskać audycję „słowną", bez np. zbyt silnego wzmocnienia basów, które pogarszają zrozumiałość odtwarzanej przez głośnik mowy ludzkiej, oraz „muzyczną" — z uwypukleniem właśnie basów, które dają większą dynamikę i „plastyczność" odtwarzanym utworom muzycznym.

Ale to nie wszystko. Na przykład orkiestra lub występ śpiewaczy z towarzyszeniem jakiegoś instrumenu, a nawet rozmowy, wywiady, słuchowiska itp. nie oddają audycji tak, jakby się ją słyszało bezpośrednio — w naturze. Nie można w niej zlokalizować miejsca poszczególnych instrumentów znajdujących się w orkiestrze, a więc i miejsca powstawania dźwięków wydawanych przez te instrumenty. Nie wiadomo, w którym miejscu stoi dana osoba biorąca udział w dyskusji, a więc nie wiadomo, z którego miejsca wychodzi dźwięk, itp.

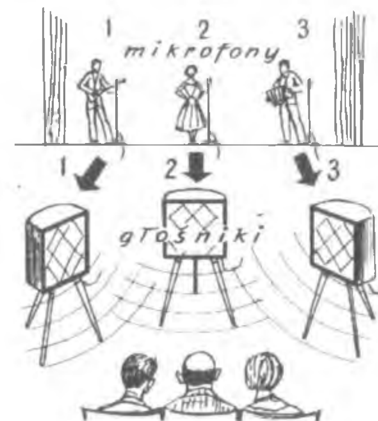
tylko jedno źródło dźwięku — -monofoniczne odtwarzanie dźwięku



Dzieje się tak dlatego, że wszystkie dźwięki wydawane przez wiele instrumentów orkiestry, zajmującej dużo miejsca na scenie, jak również wszystkie dźwięki w innych słuchowiskach itp., wytwarzane przez wykonawców znajdujących się w różnych miejscach, a często również zmieniających te miejsca — w zależności od akcji słuchowiska — odtwarzane są **przez jedno** tylko **skupione źródło**, na przykład przez jeden odbiornik radiowy. Takie odtwarzanie audycji nazywamy **monofonicznym.**



Idealnym rozwiązaniem jest zainstalowanie przy nadawaniu audycji 2 (lub nawet 3) odpowiednich mikrofonów na skrajach (i w środku) sceny, na której odbywa się audycja. Wówczas z **każdego mikrofonu** nadawane są drgania elektryczne o częstotliwości równej częstotliwości dźwięków. Te drgania elektryczne w jakiś sposób modulują falę nośną, promieniowaną przez antenę radiofonicznej stacji nadawczej, a w odbiorniku — oddzielane są od siebie, wzmacniane i zasilają odpowiednio rozstawione głośniki. Wydzielone w odbiorniku drgania elektryczne, otrzymywane z mikrofonu np. po lewej stronie sceny, zasilają głośnik umieszczony po lewej stronie pokoju; podobne drgania, otrzymywane z prawego mikrofonu, zasilają głośnik umieszczony po prawej stronie pokoju, a drgania otrzymywane z mikrofonu umieszczonego pośrodku sceny zasilają głośnik umieszczony pośrodku — między obydwoma poprzednimi głośnikami. W tym właśnie kierunku idą studia i próby w różnych krajach świata.



W takim przypadku każdy głośnik odtwarza dźwięki nadawane tylko z miejsca i ze strony objętej działaniem odpowiedniego mikrofonu i każdy instrument muzyczny oraz dźwięki wydawane przez niego mają swoje określone miejsce w powierzchni pokoju. Podobnie np. mowa każdej osoby, w zależności od miejsca, w którym się znajduje, jest odtwarzana z tego lub innego głośnika. Przy zmianie miejsca źródła wydawanych dźwięków, np. przy przechodzeniu osoby mówiącej wzdłuż sceny, po kolei odtwarzać je będą odpowiednie głośniki. Powoduje to nadzwyczajne wrażenie słuchowe, daje przestrzenny „plastyczny obraz" odbywającej się akcji, wyczucie szerokości sceny i rozstawionych na niej instrumentów oraz „głębię" terenu, w jakim odbywa się nadawana audycja. Wszystko to upodabnia odtwarzaną audycję do takiej, jaką np. słyszymy w naturze przy zamkniętych oczach. Wówczas nie tylko słyszymy, lecz i wiemy, gdzie źródło wydawanych dźwięków się znajduje; z lewej czy z prawej strony, bliżej lub dalej.



Ten sposób nadawania i odtwarzania dowolnej audycji nazywamy **stereofonicznym.** Stereofonia ma wielką przyszłość przed sobą i przyjdzie czas, że innego sposobu nadawania i odtwarzania audycji nie będzie; to jest przyszłość radiofonii.

A teraz, aby zrozumieć różnicę występującą między nadawaną i odbieraną audycją wg dotychczasowych sposobów a audycją nadawaną i odbieraną stereofonicznie, posłużmy się przykładami.

Tutaj osoba słuchająca koncertu przez mało uchylone drzwi „nie odbiera" stereofonicznie muzyki, nie „czuje", w jakim miejscu znajdują

się poszczególne instrumenty. Muzykę się słyszy, lecz nie ma się orientacji w szerokości sceny i w rozstawieniu instrumentów. Audycja jest podobna do odbieranej z aparatu radiowego.



A tutaj jest stereofoniczny odbiór koncertu. Dźwięki np. z lewej strony sceny dochodzą prędzej i silniej do lewego ucha niż do ucha prawego.



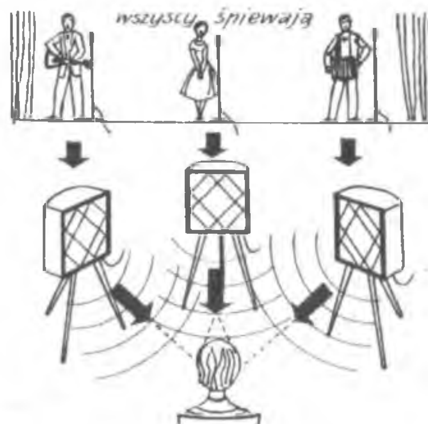
Ta minimalna różnica „odczuć" lewego i prawego ucha pozwala nam zlokalizować dźwięk, a więc i miejsce znajdowania się instrumentu lub osoby.

Podobnie przedstawia się sprawa z dźwiękami dochodzącymi z prawej strony.

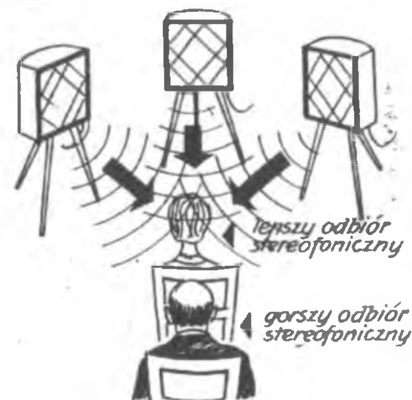
Ze środka sceny, dokładnie naprzeciw nas, dźwięki dochodzą równocześnie do obu uszu, nie ma różnicy „odczuć" — wiemy, że dźwięki i instrumenty znajdują się właśnie wprost nas, w środku sceny.



To samo będziemy odczuwać, gdy odpowiedni głośnik odtwarzać będzie dźwięki nadawane z odpowiadającego mu miejscem mikrofonu. Odtwarzana przez te głośniki audycja będzie również stereofoniczna.



Aby stereofoniczna audycja była najlepiej przyjmowana przez słuchającego i dawała największy efekt „plastyczny" — stereofoniczny, należy ją słuchać w niedużej odległości od linii łączącej oba głośniki, możliwie pośrodku tej linii.



Im ta odległość jest większa, tym efekt stereofoniczny staje się mniejszy.

Obecnie stereofonia ma już szerokie zastosowanie w odtwarzaniu muzyki i słuchowisk odpowiednio nagranych na płytach gramofonowych i taśmach magnetycznych. Najczęściej stosuje się tzw. „dwa kanały", którymi przekazuje się dźwięki wytwarzane z lewej i z prawej strony orkiestry, słuchowiska itp.

Odpowiednio ustawione mikrofony przekazują impulsy o częstotliwościach akustycznych do specjalnej aparatury, która je „nagrywa", czyli — jak mówimy — **zapisuje** na płytach lub taśmie. Gramofony lub magnetofony do odtwarzania nagrań stereofonicznych takie płyty lub taśmy „odtwarzają", a „dwukanałowe" wzmacniacze wzmacniają je i potem, szeroko rozstawione (w pewnej odległości od siebie) głośniki, zasilane impulsami o częstotliwościach akustycznych, doprowadzonymi z odpowiednich „kanałów" wzmacniacza, odtwarzają nagraną muzykę lub inną „zapisaną" audycję. Wrażenie słuchowe jest nadzwyczajne (jeżeli



słuchacz znajduje się między głośnikami lub w niedalekiej od nich odległości).



Dzisiaj bardzo często stosujemy tzw. **pseudostereofonię**, która polega na polepszeniu odczucia przestrzenności w odbiorze dźwięków. Nie jest to co prawda to samo co zastosowanie pełnej stereofonii, lecz nieco

poprawia efekt słuchowy, oszukuje ucho.




Ogólnie można powiedzieć, że pseudostereofonia polega przede wszystkim na rozdzieleniu niskich dźwięków (małych częstotliwości) od dźwięków wysokich (dużych częstotliwości), odtwarzanych przez głośniki, tak że słuchaczowi wydaje się, iż np. basy znajdują się, powiedzmy, z prawej strony pokoju, a np. flety i inne instrumenty muzyczne — z lewej strony pokoju. To jest oszukiwanie słuchu, gdyż w rzeczywistości zwykle jest inaczej, lecz już sam taki podział dźwięków sprawia złudzenie rzeczywistości. Naturalnie, w takim ujęciu odtwarzania audycji nie ma mowy o odczuwaniu **zmiany miejsca** np. mówiącej osoby, przejeżdżającego samochodu, osoby grającej na jakimś instrumencie itp. Dwa głośniki (jeden na niskie, drugi na wysokie tony) „umiejscawiają" dźwięki i nic na to poradzić nie można; nie stanowi to jednak dużej przeszkody w odczuciu szerokości sceny i orkiestry, gdyż członkowie jej nie zmieniają swojego miejsca.

Do dobrego „odczucia" stereofonii i pseudostereofonii konieczne jest

dość szerokie rozstawienie głośników. Dwa, trzy lub więcej głośników, znajdujących się w odbiorniku radiowym, przedstawiają „punktowe" odtwarzanie dźwięków, co nie pozwala na odczucie przestrzenności audycji. Aby tę przestrzenność audycji można było odczuć, głośniki należałoby rozstawić w pewnej odległości od siebie, oddzielając przy pseudostereofonii „niskotonowe" od „wysokotonowych". Głośniki te w odbiorniku pozwalają jednak na uzyskanie dużej „wierności" odtwarzanej audycji w „paśmie" od najniższych do najwyższych dźwięków (częstotliwości).

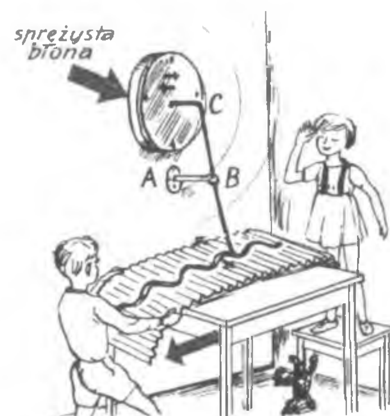
24. Adapter gramofonowy i jego działanie

Aby poznać zasadę działania gramofonu (patefonu) elektrycznego, należy najpierw przyswoić sobie kilka wiadomości z zakresu **akustyki**.

Posłużymy się znów przykładem. Chłopiec przyciska kij do prętów parkanu i przesuwa nim idąc. Powstaje wówczas przerywany dźwięk.



Widzimy, że przy tej samej ilości prętów i tej samej odległości ich od siebie uzyskiwany dźwięk zależy od prędkości przesuwu kija; przy prędkości mniejszej powstaje dźwięk niższy, przy prędkości większej — dźwięk wyższy.



Następne przykłady będą rozpatrywane tylko przy jednej prędkości przesuwania kija po prętach.

Chłopiec powtarza doświadczenie, przesuwając kij po rowkach w ścianie. Powstaje wówczas warkot.

Jeżeli przy przeprowadzaniu doświadczenia ścianę zastąpić jakąś płytą falisto grawerowaną, warkot będzie podobny.

Jak to widać na rysunku, chłopiec przymocował przegubowo (*B*) duży pręt do ściany pokoju. Koniec dolnej części pręta opiera się o dno i boki rowka falisto grawerowanej blachy. Gdy chłopiec przyciąga blachę do siebie, dolny koniec pręta będzie drgał. Dzięki przegubowemu zamocowaniu pręta drgania te dadzą się zauważyć i na górnym jego końcu — *C*.

Górny koniec pręta (w miejscu *C*) przymocowano do środka okrągłej, cieniutkiej, sprężystej błony lub płytki. Płytka ta napięta jest na pierścieniu (np. drewnianym), przymocowanym śrubami do ściany pokoju; między nią a ścianą jest pusta przestrzeń.

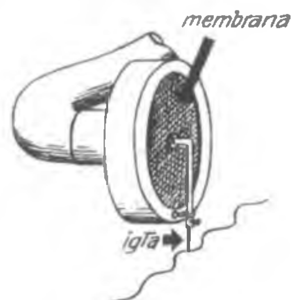
Pod wpływem drgań końca pręta cieniutka płytka drga również, a drgania jej objawiają się w postaci cichego dźwięku. Tę cienką płytkę nazywamy **membraną**. Siłę tego dźwięku można znacznie powiększyć.

Drgania dźwiękowe, nazwane również głosowymi lub akustycznymi, dadzą się wzmocnić za pomocą np. rury połączonej z tubą.

Blachę falistą można zastąpić okrągłą płytą, posiadającą również rowki, ułożone spiralnie. Płyta ta obraca się dookoła swej osi ze stałą prędkością.

Zamiast pręta, o którym była mowa na wstępie, można zastosować igłę stalową, zagłębiającą się w rowku obracającej się płyty. Drugi koniec igły stalowej umocowany

jest w dolnym końcu dźwigni, która górny koniec ma zamocowany w płytce membrany (cienka, sprężysta mika lub metal). Model ten przedstawia dawny gramofon (patefon) akustyczny. **Prędkość obracania się płyty na talerzu patefonowym jest stała** i wynosi np. 78 obrotów na minutę.



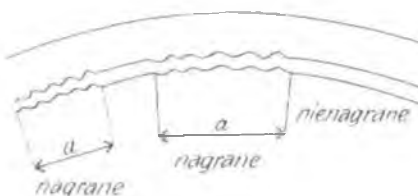
Dla wzmocnienia siły odtwarzanych dźwięków zastosowano tubę, która nie pozwalała im rozpraszać się wokoło, a kierowała je tylko w jedną stronę.



Ślizgając się w gładkim, równym rowku płyty igła wywołuje tylko szum. Można jednak z płyty wydobyć czyste i głośne dźwięki, podobnie jak z różnych instrumentów muzycznych, jeżeli tylko dźwięki te będą na niej odpowiednio „zapisane" (nagrane).

Mówiąc na przykład przed specjalnie skonstruowanym urządzeniem z tubą, wytwarza się fale głosowe, które powodują drgania cienkiej, sprężystej membrany (płytki, do której przymocowana jest dźwigienka z igłą).

Igła połączona z membraną drga w takt dźwięków mowy i może grawerować rowki na obracającej się miękkiej płycie, wykonanej np. z wosku. Rowki te przybierają kształt falisty. Falistość tych rowków zależna jest od częstotliwości i siły „nagrywanych" dźwięków. Podczas przerw w mowie rowki będą miały kształt linii równej, niefalistej. W taki sposób można otrzymać „wygrawerowaną" na płycie dokładną kopię dźwięków mowy (lub muzyki).



Opisany sposób nagrywania lub, jak często mówimy, „zapisywania" stosowany był dawniej przez wytwórnie płyt gramofonowych.

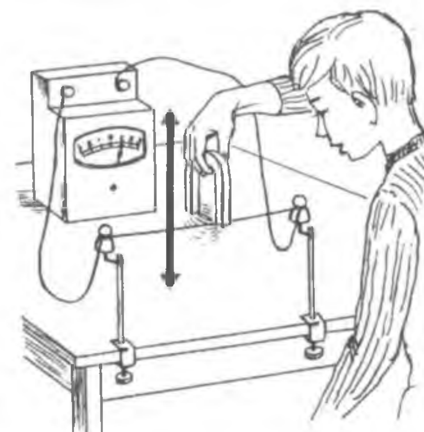
Dzięki wynalezieniu membrany elektrycznej (zwanej **adapterem**) **reprodukcja** muzyki z płyt została ulepszona. Nagrania są znacznie czystsze i wyraźniejsze. W takim adapterze w czasie drgań igły przebiegającej w rowku nagranej płyty powstają słabiutkie napięcia elektryczne. Napięcia uzyskane z adaptera można zamienić z powrotem na drgania dźwiękowe przez dołączenie słuchawek radiowych bezpośrednio do jego przewodów lub dołączając głośnik poprzez wzmacniacz małej częstotliwości.



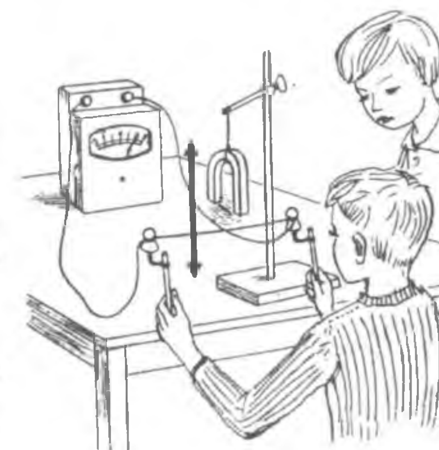
Aby łatwiej można było zrozumieć konstrukcję i działanie adaptera, przypomnijmy sobie kilka doświadczeń.



Na stole stoi elektryczny przyrząd pomiarowy, np. odpowiedni woltomierz. Gdy przez ten przyrząd będzie przepływać stały prąd elektryczny, wówczas, jak już wiemy, wskazówka jego będzie wychylona w prawo lub w lewo, zależnie od kierunku przepływu prądu.



Przesuwając szybko magnes z góry w dół lub odwrotnie, w pobliżu drutu połączonego z tym przyrządem, można otrzymać również wychylenie wskazówki. Łatwo więc wnioskować, że pod wpływem prze-



suwającego się magnesu w drucie powstaje przepływ prądu elektrycznego.

Drut połączony z przyrządem po-

miarowym tworzy tzw. „obwód zamknięty".

Podobne zjawisko można otrzymać przy nieruchomym magnesie, a przesuwającym się drucie.

Wytworzony w „obwodzie zamkniętym" prąd będzie silniejszy, gdy pojedynczy drut zastąpi się cewką, mającą wiele zwojów drutu izolowanego.

Cewką tą poruszamy w **polu linii sił magnesu.** Między biegunami magnesu przepływa niewidoczny dla oka **strumień magnetyczny**, a jego obecność można stwierdzić właśnie za pomocą pokazanego już doświadczenia.

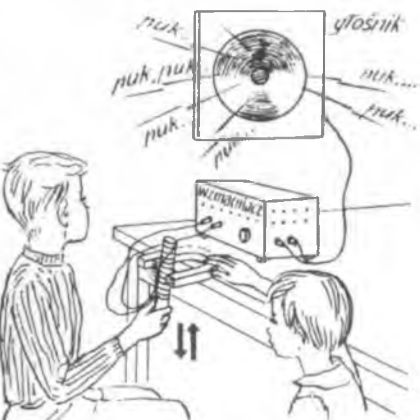


Cewka poruszając się w polu linii sił magnesu, przecina swoimi zwojami strumień magnetyczny, wówczas powstaje na jej końcach SEM, a więc i prąd elektryczny.

Do wnętrza cewki wsunięto pręt żelazny, a przyrząd pomiarowy zastąpiono słuchawkami. Podczas szybkiego poruszania cewką między biegunami magnesu powstają silne puknięcia słyszalne w słuchawkach. Puknięcia te są wynikiem przepływu przez cewki słuchawek prądu elektrycznego powstającego wskutek wzbudzania się napięć elektrycznych (SEM) w zwojach tych cewek i oddziaływania strumienia magnetycznego, wytwarzanego w nabiegunnikach, na których cewki te są osadzone — na cienką, żelazną membranę.



Aby wzmocnić otrzymane prądy elektryczne, występujące w słuchawkach pod postacią np. puknięć, można dołączyć do końców naszej cewki odpowiedni wzmacniacz lampowy małej częstotliwości wraz z głośnikiem.



W takim przypadku silne puknięcia wystąpią w głośniku.

Przyłączony wzmacniacz podwyższa również napięcia uzyskiwane na końcówkach adaptera, a wówczas przepływające przez słuchawki lub głośnik prądy są znacznie silniejsze.

Zamknięty w małym pudełeczku magnes trwały z cewką osadzoną między jego nabiegunnikami stanowi „elektromagnetyczny" adapter gramofonowy. Mały pręcik żelazny, znajdujący się wewnątrz cewki adaptera, może drgać między nabiegunnikami magnesu. Na końcu tego pręcika mocuje się igłę stalową. Ślizga się ona w falistych rowkach obracającej się płyty gramofonowej i drga, przenosząc te drgania na pręcik żelazny.

Drgania żelaznego pręcika, znajdującego się w cewce, powodują w nim zmiany w przepływie strumienia magnetycznego. Zmiany strumienia magnetycznego w pręciku, znajdującym się wewnątrz cewki, z kolei wzbudzają w jej zwojach zmienne napięcia elektryczne.

W rezultacie na końcówkach cewki powstają słabiutkie napięcia elektryczne, proporcjonalne do częstotliwości i wielkości **wychyleń** (drgań) igły adapterowej, a więc i do częstotliwości oraz siły dźwięków nagranych na płycie.

Te słabe napięcia elektryczne wzmacniane są następnie przez wzmacniacz lampowy i odtwarzane za pomocą głośnika jako dźwięki akustyczne (mowa lub muzyka).

Zamiast głośnika można do wzmacniacza włączyć drugi, specjalny adapter gramofonowy, którego działanie będzie odwrotne w porównaniu z pierwszym adapterem. Adapter odtwarzając nagranie z płyty zamienia drgania igły (energię mechaniczną) na prądy elektryczne (na energię elektryczną). Odwrotnie, ten drugi adapter zamienia energię elektryczną na mechaniczną, gdyż nagrywa odpowiednią, miękką płytę, nacinając na niej rowki podczas jej obrotu na talerzu specjalnej „aparatury nagrywającej".

Gdy pod adapterem „nagrywającym" będzie umieszczona płyta czysta, nie nagrana, wówczas w czasie jej obrotów powstaną na jej powierzchni faliste rowki, ściśle odpowiadające rowkom na płycie nagranej. W taki sposób można kopiować płyty za pomocą dwóch adapterów.

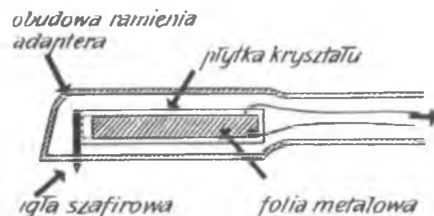
Adapter odtwarzający nagranie na płycie można zastąpić mikrofonem. W takim przypadku drugi adapter, włączony do wzmacniacza (na „wyjściu"), nagrywać będzie na płycie wszystkie dźwięki (mowy lub muzyki) dochodzące do tego mikrofonu.

Tak wykonane „główki" adapterowe nazywane są elektromagnetycznymi.

Oprócz adapterów elektromagnetycznych (igła, pręcik, cewka, magnes) obecnie używa się **adapterów** tzw. **piezoelektrycznych.**

Nie wdając się w bliższe szczegóły powiem Wam tylko, że w takim adapterze zastosowane jest odpowiednio umocowana, cienka i specjalnie wycięta płytka z kwarcu naturalnego lub częściej sztucznego, z tzw. soli Rochella (czytaj Roszella). Na takiej płytce, na obu jej powierzchniach, znajdują się przyklejone paski folii metalowej, od których odprowadzone są dwa

przewody (podobnie jak w adapterze elektromagnetycznym — od końców zwojów cewki). W jednym końcu takiej płytki umocowane jest łożysko do wkładania igły gramofonowej, drugi jej koniec umocowany jest na stałe w obudowie główki adaptera. Często igła jest umocowana na stałe, wykonana z szafiru, i służy na parę tysięcy odtwarzań nagrań z płyt.



Odpowiednio wycięta, cienka płytka kwarcowa ma ciekawe właściwości. Otóż pod wpływem drgań, w jakie zostaje wprawiona igła ślizgająca się w rowkach obracającej się płyty gramofonowej, na obu powierzchniach kryształu pojawiają się odpowiednie ładunki elektryczne, które „zbierane" przez metalowe folie odprowadzane są przez przewody. Ładunki te, przepływając przez odpowiedni opornik, powodują powstawanie na nim napięć m. cz., odpowiadających amplitudom i częstotliwościom drgań igły. Napięcia te są następnie przekazywane do wzmacniacza m. cz. i do głośnika w celu przetworzenia na dźwięki mowy i muzyki.

Ostatnio, dzięki coraz większemu zainteresowaniu stereofonią, produkowane są również płyty z nagraniami stereofonicznymi, adaptery z głowicami do odtwarzania tego rodzaju nagrań oraz „dwukanałowe" wzmacniacze m. cz.

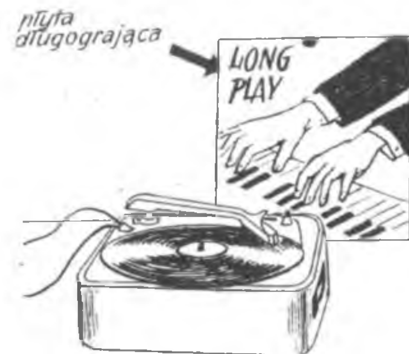
A jak „zapisane" są te płyty i jak może jeden adapter odróżniać dwa rodzaje różnych drgań igły i zamieniać je na dwa różne napięcia o częstotliwościach akustycznych? — spytał ciekawy Wojtuś.

Mój drogi chłopcze — odpowiedział pan profesor — na początku były różne sposoby „zapisu" dźwięków otrzymywanych z dwu odpowiednio ustawionych mikrofonów, a więc np. dwa różne rowki obok siebie, odtwarzane „podwójną" głowicą z dwiema igłami; jeden zapis od zewnątrz obwodu płyty, a drugi — od połowy jej średnicy, odtwarzany dwoma odpowiednio ustawionymi adapterami itp.

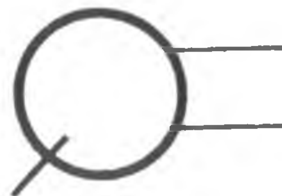
Obecnie — dzięki odpowiednio konstruowanej głowicy nagrywającej i odtwarzającej — nagrywany na płycie jest tylko jeden specjalnie „nacięty" rowek. Adapter odtwarzający ma w swojej głowicy tylko jedną, specjalną igłę, która drga tak, że np. „wygrawerowane" prawe ścianki rowka powodują, dzięki odpowiednio wykonanej i umocowanej kotwiczce, powstawanie impulsów elektrycznych o częstotliwościach akustycznych „pierwszego kanału" — w jednej, powiedzmy „prawej" cewce, umieszczonej w głowicy; „wygrawerowane" lewe ścianki rowka powodują, podobnie, powstawanie impulsów elektrycznych o częstotliwościach „drugiego kanału" — w „lewej" cewce, znajdującej się również w tej głowicy. Dwa rodzaje elektrycznych sygnałów o częstotliwościach akustycznych, stanowiące jedną przestrzennie lub — jak mówimy — „plastycznie" zapisaną muzykę albo inną audycję, przekazuje się do dwu osobnych „torów" wzmacniacza

m. cz., a po ich wzmocnieniu do dwu zestawów głośników, ustawionych w pewnej odległości od siebie.

Te wiadomości w zupełności Wam wystarczą do orientacji w działaniu adapterów z odtwarzaniem stereofonicznym.



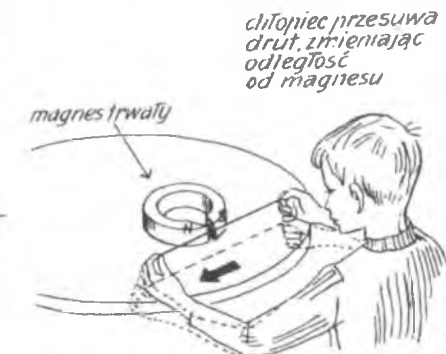
Na zakończenie powiem Wam, że w celu zwiększenia czasu odtwarzania nagrań, co umożliwia dłuższą ich reprodukcję, wytwarzane są płyty z „mikrorowkami", tzw. płyty „long play" — „długogrające" (z języka angielskiego). Poza tym stosuje się mniejsze liczby obrotów płyty na jedną minutę; dawniej — tylko 78 obr/min, obecnie — 45, $33^1/_3$, a nawet $16^1/_2$ obr/min.



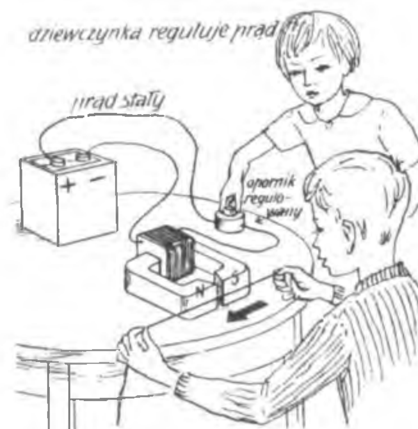
Symbol adaptera przedstawiony jest na rysunku.

25. Magnetyczny zapis dźwięku. Magnetofony

Gdybyśmy cienki, stalowy drucik przesuwali **ze stałą prędkością**, blisko wąskiej szczeliny silnego magnesu trwałego, drucik ten namagnesowałby się na całej swojej długo-



ści. Gdybyśmy podczas przesuwu zmieniali nieco odległość drucika od szczeliny magnesu, to w momentach zwiększania tej odległości magnesowanie drucika byłoby słabsze, a w momentach zbliżania — silniej-

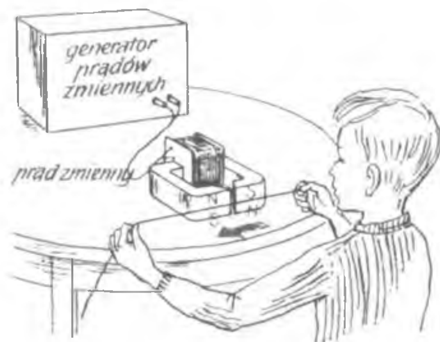


sze. Drucik zostaje wówczas namagnesowany w różnych miejscach

swojej długości — różnie, z różną siłą.

Jeżeli do magnesowania drucika zamiast magnesu trwałego zastosowalibyśmy elektromagnes z wąziutką szczeliną między jego nabiegunnikami, wówczas, w momentach zmian natężenia prądu stałego, płynącego przez uzwojenie elektromagnesu, powstawać będzie w tej szczelinie zmieniający się strumień magnetyczny.

Przesuwany po nabiegunnikach cienki drucik stalowy magnesować się będzie różnie; silniej pod wpływem działania silniejszego strumienia magnetycznego, powstającego pod wpływem większego natężenia prądu przepływającego przez cewkę elektromagnesu, a słabiej — przy słabszym strumieniu magnetycznym, powstającym w rdzeniu elektromagnesu pod wpływem słabszego natężenia prądu stałego, płynącego w jego cewce.



Jeżeli przez uzwojenie elektromagnesu przepływać będzie nie prąd stały o zmiennym natężeniu, lecz prąd zmienny o dowolnej częstotliwości (np. częstotliwości akustycznej 1000 Hz), wówczas — jak wiemy — i strumień magnetyczny w szczelinie magnesu zmieniać się będzie również w takt częstotliwości tego przepływającego prądu.

Przesuwany po nabiegunnikach elektromagnesu cienki, stalowy drucik magnesować się będzie w „takt częstotliwości". Na takim druciku będzie wtedy jakby „zapisana" częstotliwość prądu przepływającego przez cewkę (uzwojenie) elektromagnesu. Zapis ten jest niewidoczny. Niewidoczne „ślady magnetyczne" w poszczególnych miejscach drucika (wzdłuż jego długości), występujące jedne za drugimi na jednostkę jego długości tyle razy w ciągu sekundy, ile wynosiła częstotliwość prądu przepływającego przez cewkę elektromagnesu, tworzą ten zapis. Zapis ten jest możliwy dzięki właściwościom magnetycznym drutu stalowego — jego „pozostałości magnetycznej", która zostaje po odjęciu magnesującego go strumienia magnetycznego.

Panie Profesorze — krzyknęła Kasia. — Rozumiem, to jest bardzo proste. Można więc powiedzieć, że dzięki temu, iż na druciku stalowym zostaje ślad magnetyczny tak, jak powiedzmy, ślad palców na papierze, chociaż jest on często niewidoczny, możemy zapisywać, czyli nagrywać różne audycje.

— Tak jest, Kasiu. Właśnie, tak jest. Dobrze dobrałaś analogię. Możemy jeszcze powiedzieć, że:

— wyższym tonom, czyli prądom o wyższych częstotliwościach akustycznych, odpowiadać będzie większa liczba „miejsc" namagnesowanych **w ciągu jednej sekundy** na pewnej długości drucika.

— niższym tonom, czyli prądom o niższych częstotliwościach akustycznych — mniejsza liczba tych namagnesowanych miejsc,

— silniejszym tonom, czyli prądom silniejszym o większej amplitudzie, odpowiadać będą na druciku miejsca silniej namagnesowane, a słabszym tonom — miejsca namagnesowane słabiej.

Pamiętać przy tym musicie, że przy nagrywaniu drucik musi być przesuwany po nabiegunnikach magnesu **z pewną stałą prędkością**. Naturalnie, jeśli chcemy nagrać audycję, wówczas do takiego „elektromagnesu" powinniśmy dostarczyć odpowiednio wzmocniony prąd z elektrycznego źródła dźwięków (mikrofonu, odbiornika, adaptera, innego magnetofonu itp.).



A teraz, jeżeli tak „nagrany" drucik będziemy przesuwać z taką samą prędkością i w tym samym kierunku po nabiegunnikach elektromagnesu połączonego z „wejściem" wzmacniacza, to dzięki oddziaływaniu różnie namagnesowanych miejsc drucika na nabiegunniki elektromagnesu w rdzeniu jego będzie przepływać zmienny strumień magnetyczny. Ten strumień — jak wiemy — będzie indukował SEM w cewce i na końcówkach jej powstaną „napięcia", odpowiadające pod względem częstotliwości i amplitudy prądowi płynącemu przez cewkę podczas magnesowania drucika (nagrywania), a więc — nastąpi odtwarzanie nagranych, czyli „zapisanych" dźwięków.

Aby odtworzenie było „prawdziwe", tak pod względem wysokości dźwięków (częstotliwości), jak i ich siły (amplitud), prędkość przesuwu **drucika przy odtwarzaniu musi być taka sama jak przy ich nagrywaniu** na druciku.

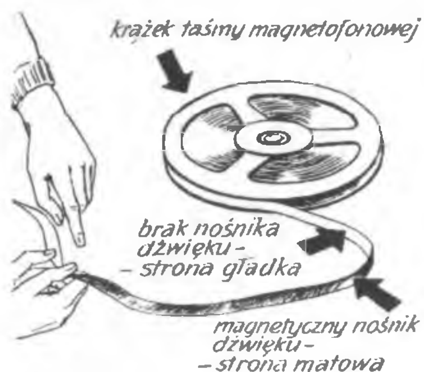
Tyle w skrócie o zasadzie magnetycznego zapisu i odtwarzania dźwięków.

A teraz kilka ogólnych szczegółów, które Wam się w praktyce przydadzą.



Urządzenie, na którym możemy nagrywać i odtwarzać różnego rodzaju audycje muzyczne, słowne i inne, nazywa się **magnetofonem**. Ma on specjalnie wykonane **głowice** (elektromagnesy), za pomocą których możemy nagrywać, odtwarzać i — w razie potrzeby — kasować nagra-

ne, niepotrzebne już audycje. Konstrukcja magnetofonów i głowic może być różna, lecz zasada działania jest zawsze ta sama. Za pomocą jednej głowicy nagrywa się audycję, za pomocą drugiej — odtwarza. Często się zdarza, że ta sama głowica nagrywa oraz odtwarza nagraną audycję. Głowica kasująca „zmazuje" niepotrzebne już nagranie za pomocą strumienia magnetycznego, zmieniającego się w takt bardzo dużej częstotliwości prądu („ponadsłyszalnej") przepływającego przez jej cewkę.

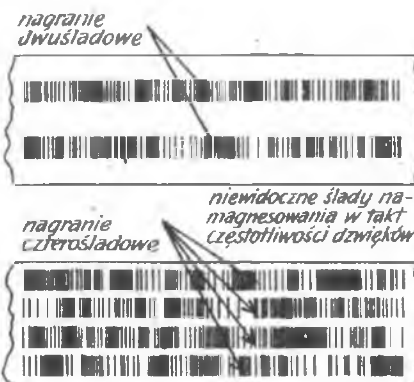


W początkach wprowadzenia tego wynalazku nośnikiem „zapisanego" dźwięku był bardzo długi, cieniutki drucik stalowy (lub taśma). Obecnie stosuje się taśmę z nierozciągliwego tworzywa sztucznego, która po jednej stronie ma nałożoną emulsję z tlenków metali, mających właściwości magnetyczne (tlenki żelaza i inne). Taką taśmę magnetofonową można ciąć i sklejać odpowiednim dla danej taśmy klejem, przez co możliwy jest dowolny montaż audycji. Praktycznie krążek taśmy magnetofonowej (1000 lub 500 m długości) może służyć wielokrotnie przez bardzo długi okres czasu, jeżeli przechowuje się go w niezbyt gorącym, niezbyt zimnym i wilgotnym miejscu. Ze względu na możliwość wielokrotnego wykorzystania taśmy oraz przeprowadzania własnych nagrań z mikrofonu lub innej aparatury (np. odbiornika radiowego, drugiego magnetofonu lub gramofonu) magnetofony mają wyższość nad gramofonami.



Dla przedłużenia czasu nagrania i odtwarzania audycji z tego samego krążka magnetofony dostosowane są do różnych prędkości biegu taśmy. Prędkości te są przełączalne i wynoszą np. 76; 38; 19,0; 9,5; 4,7 cm/sek. Im mniejsza prędkość, tym dłuższe nagranie i odtwarzanie. Nagrywanie i odtwarzanie może się odbywać kolejno „dwu" — a nawet „czterośladowo" na całej szerokości taśmy (jeden ślad nagrania nad drugim śladem). Dzięki temu możemy jedną taśmę nagrywać i odtwarzać dwa lub cztery razy dłużej, a nawet jeżeli magnetofon do tego jest przystosowany i ma „dwa kanały", w aparaturze możemy nagrywać i odtwarzać audycje stereofoniczne, wykorzystując po jednym śladzie dla każdego kanału.

Moglibyśmy dużo mówić o konstrukcji i wykorzystaniu magnetofonów, lecz nie jest to naszym celem; podstawowe wiadomości — Wasze „ABC" — już macie, to wystarczy.



Zapamiętajcie sobie jeden z symbolów, jakimi oznaczamy magnetofon.



A teraz porozmawiamy o wzmacniaczach małej częstotliwości (akustycznej).

26. Wzmacniacz m. cz. i jego działanie

Zwykły odbiornik detektorowy (kryształkowy) lub jednolampowy daje audycję cichą, którą można słuchać tylko przez słuchawki.

Aby otrzymać większą siłę odbioru, należy do odbiornika, w miejsce słuchawek, dołączyć **wzmacniacz małej częstotliwości**. W takim przypadku odbiór będzie tak silny, że można stosować głośnik.



W każdym aparacie radiowym, odtwarzającym audycje przez głośnik, znajduje się człon wzmacniacza



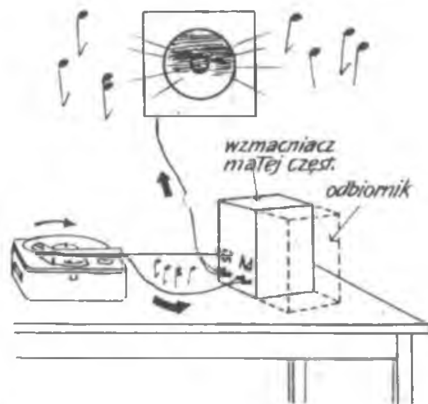
składający się na ogół z kilku stopni wzmocnienia odebranych i zdetektowanych sygnałów radiowych. Na tylnej ściance każdego odbiornika znajdują się dwa gniazdka oznaczone literami *Ad* lub *Gr*. Gniazd-

ka te połączone są z „wejściem" do członu wzmacniacza małej częstotliwości, znajdującego się w każdym

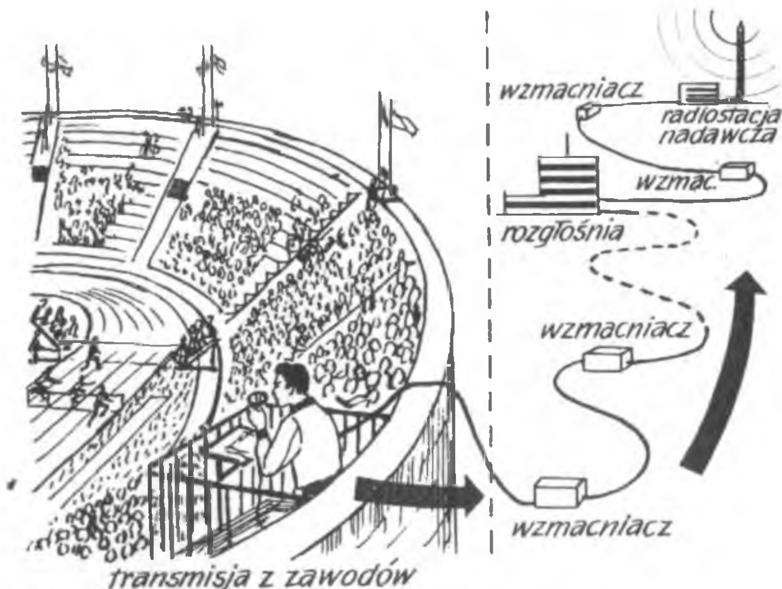


aparacie radiowym, stanowiącym jego część składową.

Do gniazdek tych można włączyć przewody adaptera patefonowego (również często — i odpowiedni mikrofon lub odpowiednie „wyjście" z magnetofonu).



Otrzymane z adaptera napięcia są tak słabe, że można zamienić je na dźwięki tylko za pomocą słuchawek. Tak więc, aby przenieść audycję odtwarzaną z adaptera na



głośnik, musimy zastosować wzmacniacz małej częstotliwości.

W technice nadawania audycji radiowych stosuje się również wzmacniacze małej częstotliwości (bez części odbiorczej).

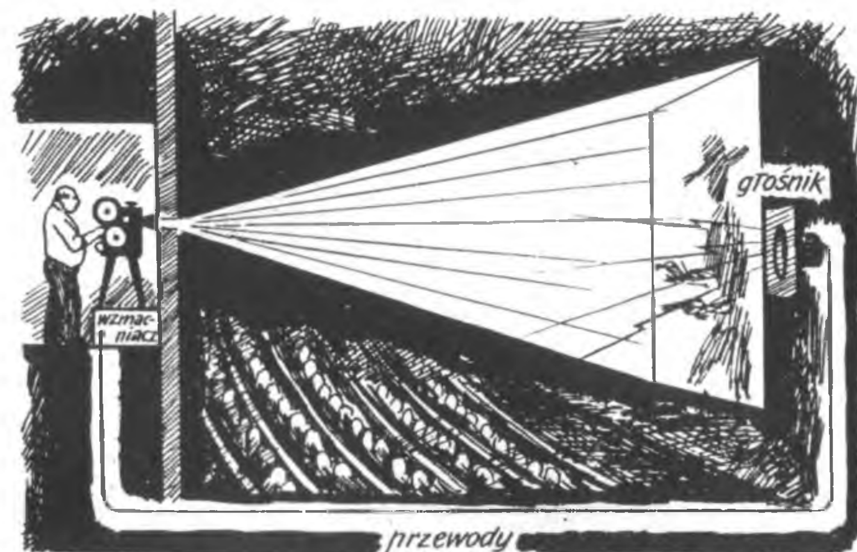
Szereg takich wzmacniaczy ma na celu wzmacnianie słabych napięć mikrofonowych do większej wartości. Wzmocnione napięcia zostają następnie przesłane (kablem ziemnym lub przewodami linii napowietrznej, zawieszonej na słupach) do radiofonicznej stacji nadawczej, skąd po odpowiednim przekształceniu zostają wypromieniowane w przestrzeń w postaci modulowanej fali elektromagnetycznej.

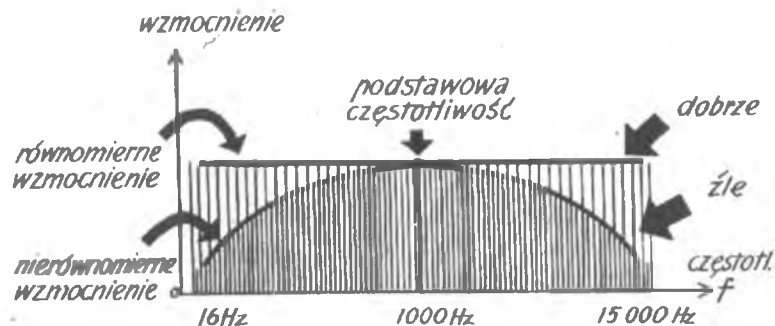
Jeżeli odległość między mikrofonem i stacją nadawczą jest duża, wtedy napięcia mikrofonowe muszą być kilkakrotnie wzmacniane za pomocą kilku wzmacniaczy, znajdujących się na trasie linii, po której zostają one przesyłane.

Takie wielokrotne wzmocnienia napięć m. cz. stosuje się często np. podczas transmisji przeprowadzanych w ramach ogólnopolskiego programu, gdy audycje przekazywane są drogą kablową z jednej rozgłośni, np. „Warszawy I", do pozostałych rozgłośni Polskiego Radia lub — podczas transmisji meczu albo innej podobnej imprezy.

Podobnie, przy nagrywaniu płyt patefonowych na specjalnej aparaturze, wzmacniacz dostarcza adapterowi nagrywającemu odpowiednio dużej energii, potrzebnej do dokładnego nacięcia przez drgającą igłę falistych rowków na płycie, które są „zapisem" dźwięków.

Wzmacniacze m. cz. znajdują się również w magnetofonach. Dostarczają one odpowiednio dużego prądu o częstotliwościach akustycznych nagrywanej audycji do cewki głowicy nagrywającej, a także wzmacniają otrzymane napięcia





z głowicy odtwarzającej, umożliwiając silne odtwarzanie jej przez głośnik znajdujący się w magnetofonie.

Wzmacniacze małej częstotliwości znajdują zastosowanie również w aparaturze kinowej dla filmów dźwiękowych. Słabe napięcia uzyskane z komórki fotoelektrycznej muszą być wzmocnione do takiego stopnia, aby mogły uruchomić jeden lub kilka dużych głośników, ukrytych zwykle za ekranem.

Podobnie, każdy odbiornik radiowy zasilający głośnik posiada człon wzmocnienia m. cz., składający się z jednego-, dwu- lub więcej stopni wzmocnienia zdetektowanych sygnałów odbieranej audycji.

Wzmacniacze małej częstotliwości mogą być zasilane prądem otrzymywanym z akumulatora i baterii anodowej lub prądem z sieci oświetleniowej; mogą być one również „lampowe" lub „tranzystorowe".

Od każdego wzmacniacza małej częstotliwości wymaga się zwykle dużego wzmocnienia i oddawania potrzebnej mocy do zasilania głośnika lub głośników oraz — „wierności" we wzmacnianiu tych sygnałów. Wzmacniacz taki nie powinien więc wprowadzać zniekształceń we wzmacnianych sygnałach m. cz. Przede wszystkim powinien on równomiernie wzmacniać poszczególne „sygnały akustyczne", zawarte w „pasmie" od około 16 Hz do 10000 Hz, a nawet do 15 000 Hz; nie występują wówczas osłabiania w odtwarzaniu bardzo niskich i wysokich tonów, co często się zdarza w wielu wzmacniaczach niskiej klasy. Mówimy wówczas, że nie ma **zniekształceń częstotliwościowych lub zniekształceń liniowych.**

Wzmacniacz m. cz. nie powinien również, nawet przy oddawaniu swojej maksymalnej mocy, wprowadzać „chrypienia" podczas odtwarzania audycji. Mówimy wówczas, że nie ma **zniekształceń nieliniowych.**

symbol wzmacniacza



Niezależnie od tego — wzmacniacz m. cz. nie powinien wprowadzać zbyt dużego szumu zakłócającego wzmocnioną audycję.

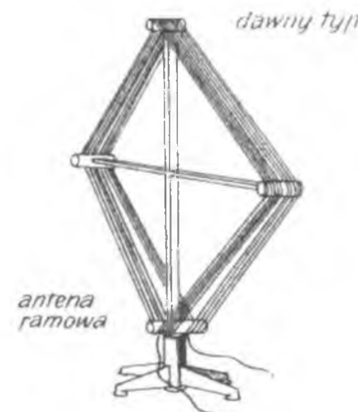
Obecnie montowane są wzmacniacze m. cz. o bardzo dużej „wierności" wzmacniania i odtwarzania; nazywane są one w skrócie „Hi-Fi" (czytaj: „haj fi") z angielskiego — „high fidelity", co oznacza „wysoką jakość".

Ogólny symbol wzmacniacza przedstawia się, jak pokazano na rysunku.

27. Anteny kierunkowe

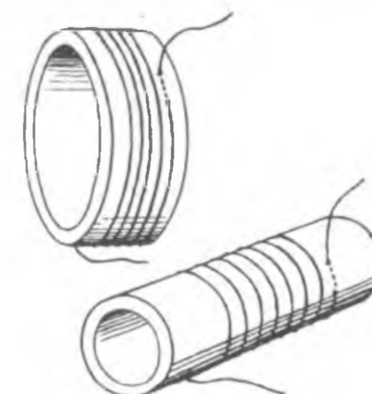
Poza różnymi odmianami odbiorczych anten zewnętrznych (np. dachowych) i wewnętrznych (zastępczych), istnieją jeszcze specjalne typy anten, odznaczające się szczególnymi właściwościami i zajmujące przy tym bardzo mało miejsca.

Jedną z takich anten nazywamy — **ramową**, inną — **ferrytową**.



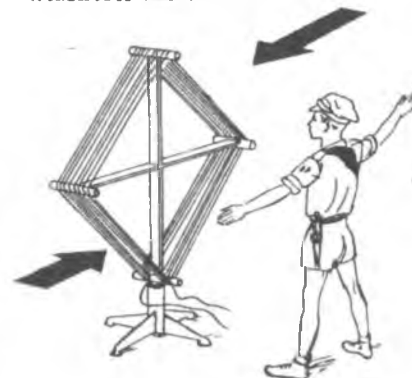
Jeżeli np. na ramie obrazu nawinęlibyśmy kilkanaście zwojów drutu izolowanego, to otrzymalibyśmy antenę ramową. Taka antena ramowa może być tak wykonana, jak pokazano na rysunku.

Dalej widzimy cewkę cylindryczną. Zwiększając średnicę cylindra (z tą samą długością nawiniętego drutu) do odpowiednich wymiarów, można otrzymać cewkę o dużym obwodzie i małej ilości zwojów. Cewka taka będzie miała wszystkie właściwości anteny ramowej.



Tego rodzaju anteny ramowe zainstalowane bywają na samolotach, okrętach oraz — na innych jednostkach poruszających się w terenie.

Każda antena ramowa najsilniej odbiera tylko te stacje, których fale przebiegają równolegle do płaszczyzny jej zwojów, ma ona zatem **duże własności kierunkowe.**



Wyciągnięte ręce chłopca, stojącego twarzą do płaszczyzny anteny

ramowej, wskazują kierunki stacji, których fale mogą być odbierane.

Radiosłuchacz nie będzie mógł odbierać audycji nadawanych przez anteny stacji, np. „Warszawa I“ lub „Warszawa II“, jeżeli antenę ramową ustawi w ten sposób do kierunku, w którym znajduje się radiostacja, jak to przedstawia zamieszczony rysunek.

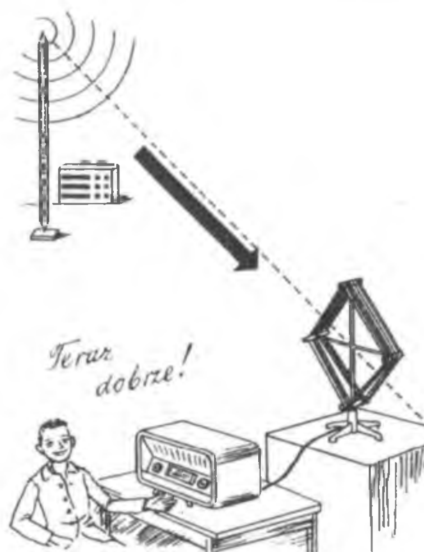


Po odwróceniu anteny ramowej w taki sposób, jak pokazuje następny rysunek, odbiór audycji nadawanych przez radiostacje warszawskie będzie bardzo silny.

Z tego wynika, że antena ramowa powinna być tak ustawiona, aby jej **płaszczyzna pokrywała się z kierunkiem, w którym znajduje się żądana stacja nadawcza.**

Własności kierunkowe anteny ramowej wykorzystano w żegludze morskiej i powietrznej.

Na przykład — zabłąkany okręt chce dopłynąć do portu w miejscowości *G*, w której znajduje się radiowa stacja nadawcza. Sygnały tej stacji mogą być odbierane na okręcie za pomocą odbiornika radiowego, połączonego z anteną ramową.



Kierunek, w którym należy płynąć, będzie wskazany przez przedłużenie płaszczyzny anteny, ustawionej podczas najsilniejszego odbioru (lub prostopadły do niej w chwili całkowitego zaniku odbieranej audycji z tej stacji).

Na zamieszczonym rysunku pokazano ustawienie anteny podczas odbioru **najsłabszego** sygnału stacji nadawczej.

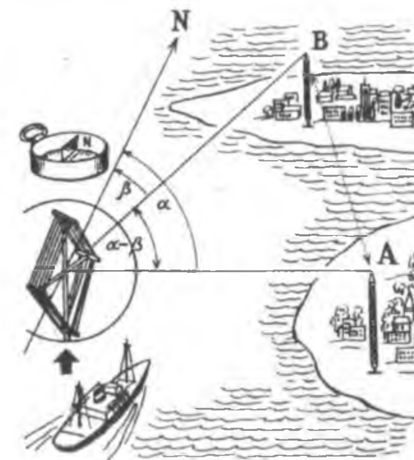
Sygnał ten będzie miał minimum siły, gdy płaszczyzna anteny będzie **prostopadła** do kierunku, w którym należy płynąć, aby osiągnąć port w miejscowości *G*.

Dzięki właściwościom anteny ramowej, okręt może być skierowany do właściwego portu nawet podczas gwałtownych burz morskich, mgły lub ciemnej nocy.

Przez ustawienie anteny ramowej na **najcichszy** odbiór można znacznie dokładniej określić kierunek radiostacji nadawczej niż przy najsilniejszym odbiorze. Tłumaczy się to większą czułością ucha ludzkiego na dźwięki słabe niż na bardzo silne.



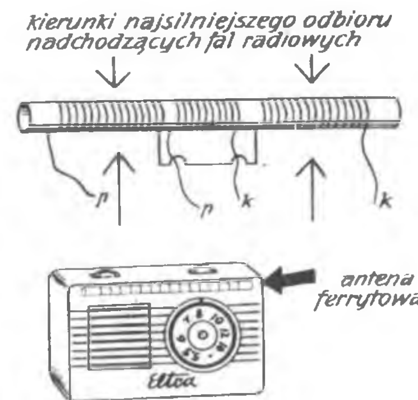
Kapitan zabłąkanego na morzu okrętu może również ustalić swoje



położenie geograficzne, a więc w jakiej znajduje się miejscowości. Dwie stacje nadawcze *A* i *B*, znajdujące się na lądzie, nadają stale swoje sygnały orientacyjne. Za pomocą anteny ramowej można łatwo określić kąty α i β w stosunku do bieguna północnego ziemi — *N*. Znając odległość między stacjami nadawczymi *A* i *B* (z mapy) oraz wspomniane kąty, kapitan okrętu łatwo może obliczyć z utworzonego trójkąta „punkt” na morzu, w którym znajduje się jego okręt.

Opisane pomiary noszą nazwę **goniometrycznych.**

Goniometria jest dzisiaj szeroko stosowana w różnych okolicznościach życia, ułatwiając ustalenie kierunku i miejsca przebywania, a także kierunku i miejsca pracującej radiostacji nadawczej.



Jeżeli w odpowiednią cewkę obwodu strojonego w odbiorniku radiowym włożymy pręt ferrytowy (wykonany ze specjalnie „zlepionego” i sprasowanego oraz wyżarzonego pyłku żelaza), wówczas otrzyma się tzw. antenę **ferrytową**. Antena taka wmontowana jest zwykle wewnątrz skrzynki odbiornika radiowego. W odbiornikach o dużych skrzynkach najczęściej jest

ona obracana za pomocą odpowiedniego pokrętła, natomiast w małych, np. turystycznych, zamocowana na stałe; obrót jej można uzyskać przez odpowiednie ustawienie całego odbiornika.

Odpowiednie ustawienie anteny ferrytowej pokrętłem lub przez obrót małą skrzyneczką potrzebne jest z tego względu, że taka antena najsilniej odbiera programy nadawane przez te radiostacje, których fale dochodzą tak jak w antenie ramowej — wzdłuż zwojów jej cewki, a więc **prostopadle do długiej osi ferrytowego pręta**, znajdującego się w jej wnętrzu.

Panie Profesorze — wtrąciła Kasia. — Teraz rozumiem, dlaczego mój mały odbiorniczek tranzystorowy odbiera silniej lub słabiej programy radiowe, zależnie od jego ustawienia.

Tak jest Kasiu — odpowiedział pan profesor.

Antena ferrytowa posiada silne właściwości kierunkowe i przez jej ustawienie na najsłabszy odbiór lub całkowity jego zanik można — podobnie jak przy antenie ramowej — określić kierunek, w którym znajduje się stacja nadawcza. Własności kierunkowe takiej anteny są tym większe, im dłuższy jest pręt ferrytowy, znajdujący się wewnątrz cewki. Dzięki kierunkowości odbioru takiej anteny można uzyskać silną audycję nadawaną z wybranej przez nas radiostacji, nie zakłócaną audycjami nadawanymi przez radiostacje znajdujące się w innym kierunku, a mające tę samą lub zbliżoną długość fali.

Antena używana do odbioru fal ultrakrótkich (UKF) i telewizyjnych, zwana popularnie **„dipolem"** lub **„dipolem półfalowym"**, ma również kierunkowość odbioru. Dla uzyskania dobrego odbioru promienie anteny należy ustawić pionowo lub poziomo; zależy to od tak zwanej „polaryzacji fali", a więc od sposobu promieniowania fali przez antenę radiostacji nadawczej. Przy poziomej polaryzacji promieniowanej fali antena powinna mieć przewody poziome.

Przyjmuje ona najlepiej te fale, które przychodzą **prostopadle do poziomych przewodów anteny**, a więc uzyskuje się najsilniejszy odbiór wówczas, gdy poziome promienie anteny (przewody lub pręty) mają kierunek zawieszenia (lub ustawienia) prostopadły do kierunku, w którym znajduje się antena radiostacji nadawczej.

Jeżeli kierunki poziomych prętów (lub przewodów) anteny pokrywają się z kierunkiem, w którym znajduje się antena radiostacji nadawczej, odbiór jest najsłabszy lub nie ma go wcale.

Przy pionowej polaryzacji fali antena odbiorcza powinna mieć przewody zawieszone pionowo. Przy takim ustawieniu anteny nie ma kierunkowości odbioru.

Do opisu tych anten jeszcze wrócimy.

28. Wpływ liczby obwodów rezonansowych i lamp (lub tranzystorów) na odbiór

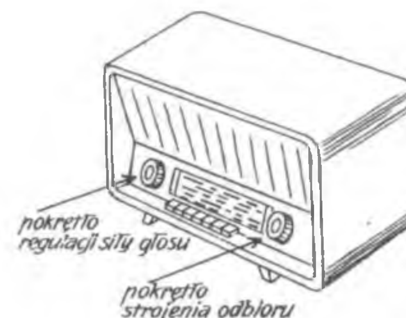
Kilka sit o coraz drobniejszych „oczkach" przesieje mąkę lepiej niż jedno sito.

Odbiornik również, podobnie jak sito, jakby „przesiewa" fale radiowe. Spośród kilkuset fal mających różne długości, **strojony obwód rezonansowy** odbiornika powinien przepuścić tylko jedną, wybraną falę. Obwód strojony odbiornika można porównać z sitem. Odbiornik jednoobwodowy „przesiewa" fale tylko jeden raz.

Znacznie dokładniej „przesiewa" fale odbiornik dwuobwodowy. Dlatego lepiej można odbierać na nim odległe stacje, nadające programy na falach o zbliżonych długościach.

Jeszcze lepszym typem aparatu jest odbiornik trzyobwodowy, gdyż „przesiewa" fale znacznie dokładniej niż odbiornik poprzedni.

Najlepszym typem aparatu jest jednak **superheterodyna**, która może mieć 5, 6, 7, 8, 9 i więcej obwodów przesiewających fale. Uzyskuje się wówczas bardzo silny odbiór i dobre oddzielanie fal o zbliżonych długościach, czyli osiąga się bardzo dużą **selektywność odbioru**.



Wszystkie odbiorniki radiowe mają przeważnie tylko jedno, główne pokrętło strojenia, które porusza wskazówkę na skali. Odbiorniki jedno- i wieloobwodowe nie różnią się więc pod względem strojenia. Różnicę można dostrzec tylko w wykonaniu skali, skrzynki itp., co znów zależy od wytwórni, która aparat wyprodukowała.

Najprostszy odbiornik radiowy ma pojedynczy kondensator zmienny oraz cewkę najczęściej zamkniętą lub, jak mówimy, **ekranowaną metalowym kubkiem** przed wpływami elektromagnetycznego pola zakłócającego.

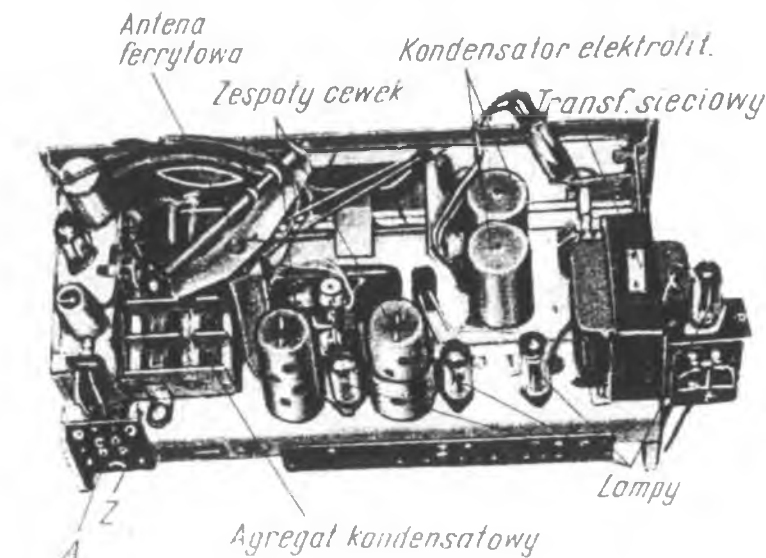
Cewka i kondensator tworzą owo sito elektryczne, czyli rezonansowy obwód „drgający", który można nastawić na żądaną długość fali przez pokręcanie odpowiednim pokrętłem aparatu.

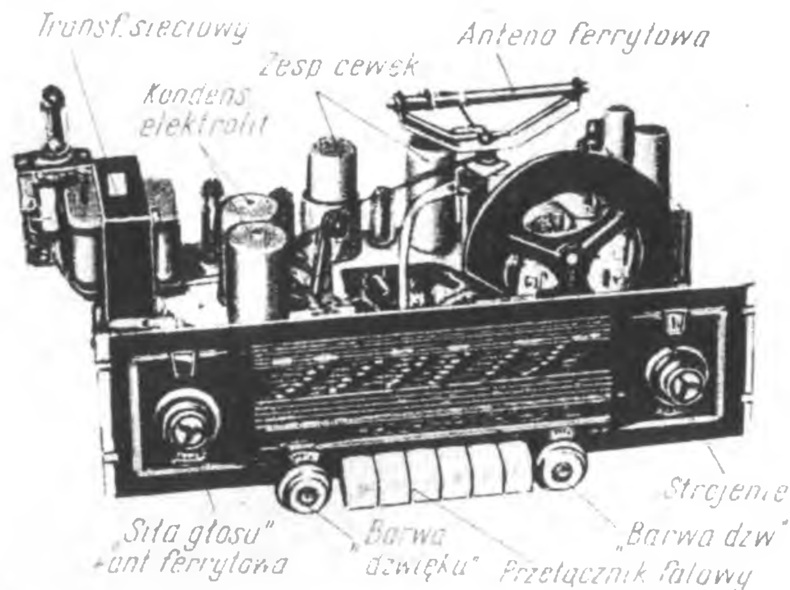
Odbiorniki wyższej klasy — kilkuobwodowe o bezpośrednim wzmocnieniu i superheterodynowe — mają dwa lub więcej kondensatorów zmiennych sprzęgniętych razem w jednym agregacie i strojonych równocześnie jednym pokrętłem. Z tego też względu trudno na podstawie zewnętrznego wyglądu odbiornika ocenić, jakiej on jest klasy i ile ma obwodów strojonych.

Odbiornik mający tzw. „agregat" z trzema kondensatorami jest co najmniej trzyobwodowy — naturalnie, jeżeli nie jest on superheterodyną.

W odbiorniku superheterodynowym „przesiewających" obwodów jest więcej, gdyż dochodzą jeszcze tzw. „filtry pośredniej częstotliwości", które chociaż są **nastrojone na stałe**, spełniają tę samą funkcję, a więc znacznie zwiększają „czułość" i selektywność aparatu.

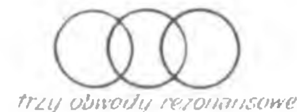
Odbiornik trzyobwodowy, oznaczony na rysunku trzema kółkami, odznacza się więc znacznie większą czułością i selektywnością niż odbiornik dwuobwodowy, a tym bardziej — jednoobwodowy. Każdy do-



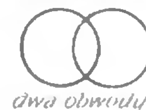


datkowy obwód rezonansowy powiększa selektywność.

Ilość lamp nie ma zasadniczo związku z ilością obwodów odbiornika. Może być odbiornik trzyobwodowy z jedną lampą, jak również jednoobwodowy z trzema lampami. Zależy to od konstrukcji odbiornika i typów stosowanych w nim lamp.



trzy obwody rezonansowe



dwa obwody



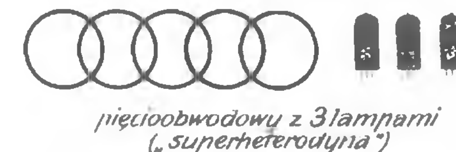
jeden obwód

Jednoobwodowy odbiornik z jedną lub dwiema lampami przeznaczony jest głównie do odbioru stacji lokalnej i kilku silniejszych stacji zagranicznych.

Jednoobwodowy odbiornik z trzema lampami daje bardzo silny odbiór stacji lokalnej i niezły — kilkunastu stacji zagranicznych.

Dwuobwodowy odbiornik z dwiema lampami umożliwia słaby odbiór stacji zagranicznych lub w przypadku użycia lamp tzw. „podwójnych" — silny odbiór wielu stacji przy niezbyt dużej selektywności.

Trzyobwodowy odbiornik z trzema lampami zapewnia głośny odbiór kilkunastu stacji zagranicznych.



pięcioobwodowy z 3 lampami („superheterodyna")

Pięcioobwodowy odbiornik (i więcej) z trzema, czterema lub pięcioma lampami, zależnie od konstrukcji odbiornika i typów stosowanych lamp, daje bardzo silny odbiór kilkudziesięciu stacji zagranicznych.

Te ostatnie odbiorniki są przeważnie typu superheterodynowego.

Widzimy więc, że w miarę powiększania ilości rezonansowych obwodów strojonych zwiększa się selektywność odbiornika. Większa natomiast ilość lamp lub stosowanie tzw. typów „lamp kombinowanych" powiększa siłę odbioru i czułość odbiornika.

III. WSKAZÓWKI PRAKTYCZNE

1. Anteny zewnętrzne

Antena jest najważniejszą częścią radiowej instalacji odbiorczej. Każdy, kto chce mieć dobry, a więc silny i czysty odbiór audycji radiowych, szczególnie przy użytkowaniu aparatów radiowych niskiej klasy, powinien założyć **antenę zewnętrzną.** Odbiór na antenie wewnętrznej (zastępczej) jest zwykle słabszy i często zakłócony silnymi trzaskami.

Antena ferrytowa daje również odbiór słabszy, niż można uzyskać w tym samym miejscu z dobrej anteny zewnętrznej.



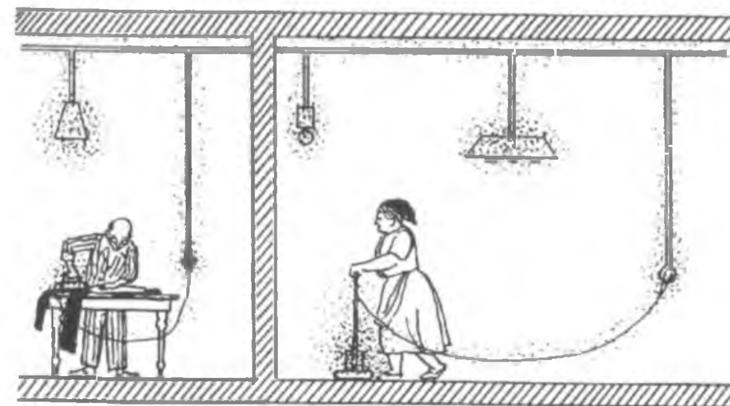
Fale elektromagnetyczne wypromieniowywane przez anteny radiostacji nadawczych silniej oddziałują na anteny zawieszone wysoko nad dachami domów niż na anteny wewnętrzne. Na drodze do anten wewnętrznych fale elektromagnetyczne spotykają liczne przeszkody, co w wyniku daje osłabienie ich energii, a przez to samo i słabszy odbiór.

Anteny instalowane w terenie otwartym (niezadrzewionym) mogą być zawieszone na stosunkowo niskich masztach (tyczkach). Pomimo nawet niedużej wysokości zawieszenia anteny zewnętrznej, odbiór będzie lepszy niż z anteny wewnętrznej.

Lasy bardzo pochłaniają energię fal elektromagnetycznych. Gdy antena ma być zainstalowana w terenie okrążonym lasami, wówczas dobrze jest, jeśli można, zawiesić ją na bardzo wysokich tykach tak, aby nie zasłaniały jej wierzchołki drzew. Wtedy można być pewnym dobrego i silnego odbioru fal elektromagnetycznych nawet z daleko znajdujących się stacji radiofonicznych.

Aby przekonać się, że antena zewnętrzna umożliwia czystszy odbiór niż antena wewnętrzna (zastępcza), musimy poznać, jak powstają i rozprzestrzeniają się zakłócenia.

Jak już wiemy, we wszystkich prawie maszynach i wielu różnych przyrządach elektrycznych, nie zabezpieczonych odpowiednimi filtrami, powstają iskry, które wytwarzają szkodliwe fale elektromagnetyczne zakłócające odbiór audycji radiowych.



Fale zakłócające odbiór radiowy powstają nie tylko w pobliżu przyrządów elektrycznych, lecz rozchodzą się również i wzdłuż przewodów sieci elektrycznej na dużą odległość.

Dlatego też każdy budynek, do którego doprowadzona jest elektryczna sieć oświetleniowa, otacza silne „pole zakłóceń".



W dużych miastach, gdzie stale są czynne różne maszyny, przyrządy i urządzenia elektryczne (sieć tramwajowa, trolejbusowa, reklamy neonowe, silniki elektryczne, przyrządy medyczne, fryzjerskie itp.), „pole zakłóceń" obejmuje nie tylko poszczególne domy, lecz nawet całe dzielnice.

Antena zewnętrzna, zawieszona **wysoko nad dachem domu**, jest narażona w znacznie mniejszym stopniu na oddziaływanie zakłócających fal elektromagnetycznych niż antena zewnętrzna, zawieszona nisko nad dachem domu, lub antena wewnętrzna.

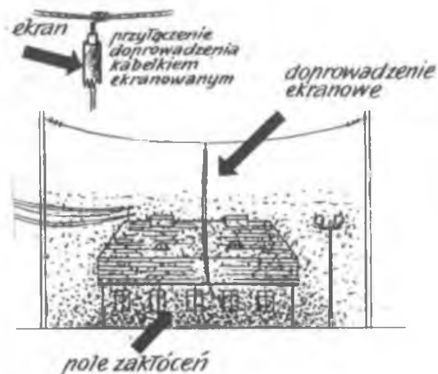
Każda antena zewnętrzna składa się przeważnie z dwóch części: poziomej i pionowej. Część poziomą nazywamy **poziomym promieniem anteny**, część pionową zaś — **doprowadzeniem anteny** (doprowadzenie anteny do odbiornika).

Fale elektromagnetyczne oddziałują na pionowo zawieszony przewód, podobnie jak i na poziomą część anteny.

Energię fal elektromagnetycznych, odbieraną przez część poziomą anteny, doprowadza do odbiornika jej część pionowa, czyli tzw. doprowadzenie anteny.

Ponieważ doprowadzenie anteny przebiega często w polu silnych za-

kłóceń, przeto doprowadza ono do odbiornika nie tylko napięcia wielkiej częstotliwości, powstałe w przewodach anteny pod wpływem działania odbieranej nośnej fali radio-

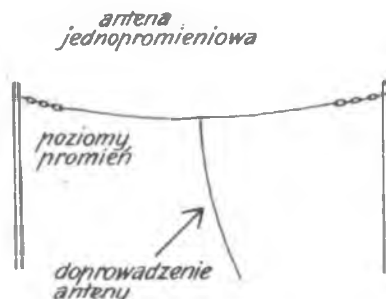


stacji nadawczej, lecz również i napięcia w. cz., powstałe od zakłócających fal elektromagnetycznych. Tę wadę anteny zewnętrznej można usunąć za pomocą np. specjalnego „ekranowania" doprowadzenia antenowego. „Ekranowanie" to uzyskuje się przez zastosowanie specjalnego kabla małopojemnościowego, mającego „ekran" w postaci metalowej siatki, która zostaje uziemiona. „Ekran" jest odizolowany od przewodu doprowadzenia, aby nie zwierał anteny do ziemi, lecz tylko zabezpieczał ją przed oddziaływaniem elektromagnetycznego pola zakłóceń.



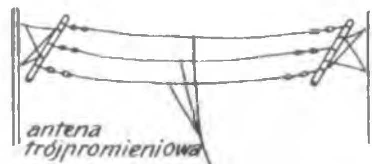
Instalacja antenowa składa się z kilku części, których nazwy podano na zamieszczonym rysunku.

Anteny zewnętrzne mogą być jedno- i wielopromieniowe.



Anteny jednopromieniowe są łatwe w wykonaniu i koszt ich jest niewielki. Anteny dwu- i wielopromieniowe są trudniejsze do wykonania i koszt ich jest znacznie większy, przy czym nie dają wydatnego polepszenia odbioru, szczególnie przy odbiornikach wysokiej klasy.

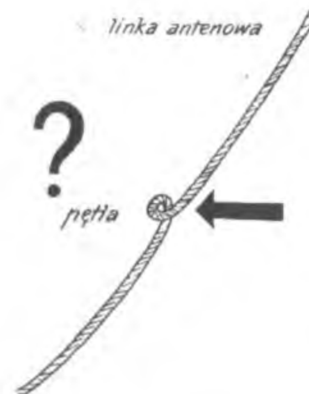




Dla dobrego odbiornika lampowego wystarcza w zupełności, wysoko zawieszona 20- lub 30-metrowa antena pojedyncza (jednopromieniowa).

Przy użytkowaniu odbiornika detektorowego (kryształkowego) wielopromieniowa antena może dać pewne polepszenie odbioru. Niemniej jednak **ważniejsza jest wysokość zawieszenia anteny** niż ilość jej promieni.

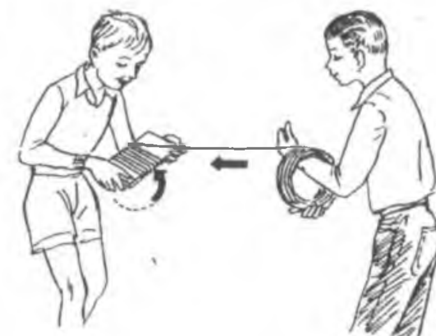
Do wykonania anteny zewnętrznej najlepsza jest linka krzemobrązowa lub fosforobrązowa, skręcona z kilkudziesięciu cienkich drucików. Nie znaczy to jednak, aby nie można było wykonać anteny i z innego przewodu, np. z grubego drutu miedzianego lub przewodu (linki) w izolacji. W handlu czasami można nabyć linkę antenową, sprzedawaną w krążkach 50-metrowych. Linka taka często wykonywana jest ze specjalnego stopu aluminiowego.



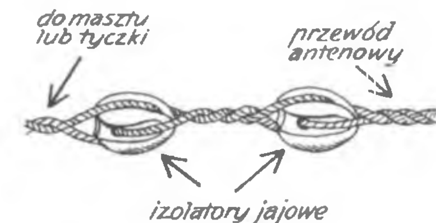
Przy rozwijaniu linki łatwo może utworzyć się na niej pętla, która może spowodować w tym miejscu popękanie cienkich drucików. Należy tego unikać.

Przed założeniem anteny najlepiej przewinąć linkę z krążka na deseczkę drewnianą, aby uniknąć jej splątania.

Przewody anteny nie mogą dotykać bezpośrednio przedmiotów ją otaczających. Dlatego też na każdym



końcu części poziomej anteny stosuje się łańcuchy z 2—3 izolatorów, połączonych np. sznurkiem nasyconym smołą, cynkowanym drutem żelaznym lub linką, z której jest wykonana antena.

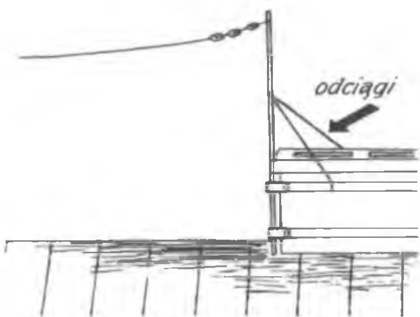


Linka antenowa powinna być tak przymocowana do izolatorów, aby nie uległa zerwaniu lub odłączeniu się od nich.

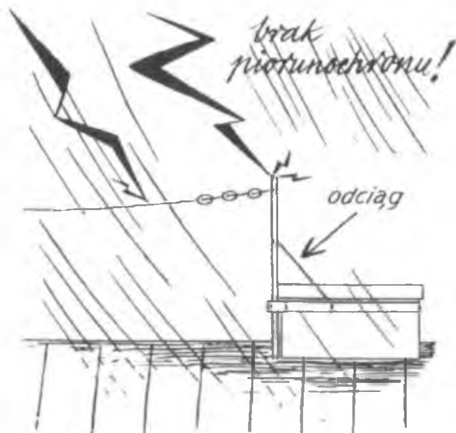
Jeżeli izolatory są przymocowane do masztu lub tyczki, to powinny one mieć odciągi równoważące naciąg powodowany przewodami anteny.

Antena powinna być oczyszczana raz do roku z osadu, sadzy itp. tym bardziej, że tyczka antenowa jest ustawiana przeważnie w pobliżu komina. Odnosi się to również do izolatorów antenowych, gdyż od ich

czystości uzależniony jest dobry odbiór radiowy.



Izolatory pokryte osadem (sadzą) przewodzą słabiutkie, wzbudzane w antenie prądy do ziemi, co osłabia siłę odbioru radiowego.

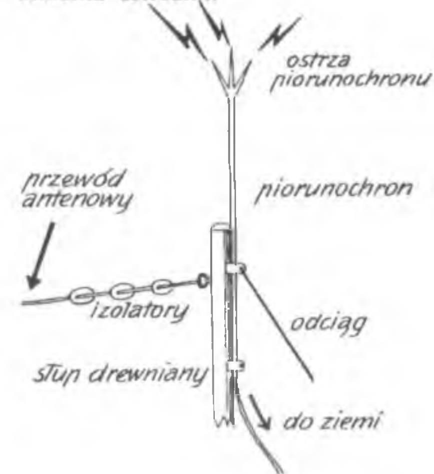


Przy zawieszaniu anteny na masztach żelaznych (z rur wodociągowych lub gazowych) ustawionych na budynkach należy pamiętać o ich uziemieniu. Dzięki uziemieniu masztów żelaznych powstające wyładowania atmosferyczne nie będą groźne dla budynku, gdyż maszty te spełniają rolę piorunochronów.

Uziemiony maszt żelazny, podobnie jak i piorunochron, podczas burzy „sprowadza" ładunki elektryczne z przestrzeni do ziemi i chroni w ten sposób budynek przed gwałtownymi wyładowaniami elektrycznymi w postaci piorunów.

Gdy antenę zawieszamy na drewnianych tyczkach (około 10 m wysokości), należy wówczas zainstalować piorunochrony. Piorunochron należy zainstalować na drewnianej tyczce także i w tym przypadku, gdy tyczka ta ustawiona jest na dachu budynku i ma dość dużą wysokość (np. 3 m), a nie ma na nim instalacji odgromowej.

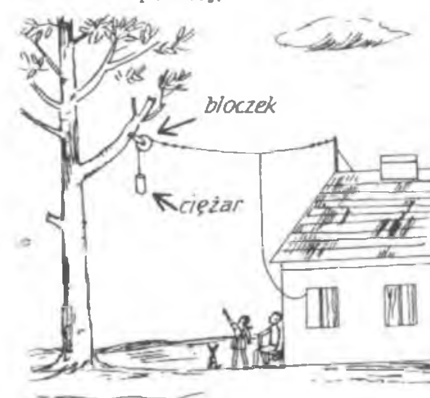
Im wyższy jest maszt (lub tyczka drewniana), tym ważniejsze jest założenie piorunochronu. „Igła" piorunochronu może być wykonana np. z ocynkowanego pręta żelaznego, mosiężnego lub miedzianego, o długości około 1 m i średnicy około 1 cm. Górny koniec takiego pręta musi być zakończony jednym lub kilkoma ostrzami.



Piorunochron powinien być umocowany na tyczce lub maszcie w taki sposób, aby ostrzem skierowany był ku górze, do dolnego zaś jego końca, przymocowany był przewód „doprowadzenia uziemienia". Przewód ten powinien być przylutowany lub dobrze przymocowany zaciskami.



Doprowadzenie uziemienia powinno być wykonane z drutu lub linki miedzianej (albo żelaznej ocynkowanej) o przekroju nie mniejszym niż 16 mm². O uziemieniu i doprowadzeniu uziemienia będzie jeszcze mowa nieco później.



Wysokie drzewo może być również czasami wykorzystane jako maszt antenowy. Jeden koniec linki antenowej należy wówczas umocować na bloczku, aby podczas silnych wiatrów i kołysania się drzewa nie nastąpiło zerwanie linki. Odpowiedni ciężar, przymocowany do końca linki przerzuconej przez bloczek, zapewnia należyty naciąg anteny. **Przymocowanie anteny jednym końcem do drzewa, a drugim do komina jest zabronione.**



Doprowadzenie anteny nie powinno przebiegać pod kątem zbyt ostrym do poziomego promienia anteny.

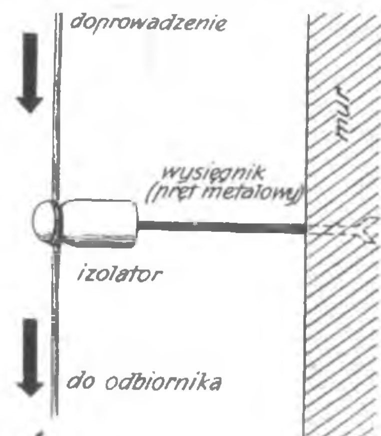
Można wykonać je przy końcu anteny tak, aby było ono możliwie prostopadłe do poziomego promienia anteny.



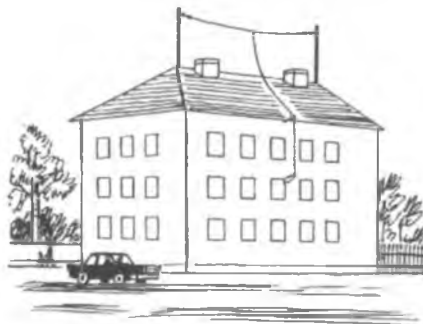
Luźno zwisające doprowadzenie anteny (np. przy odprowadzeniu linki ze środka poziomej części anteny) może powodować nierównomierny i zakłócany odbiór radiowy na skutek kołysania się przewodu pod wpływem wiatru.



Aby tego uniknąć, doprowadzenie anteny należy umocować u dołu (przy framudze okna) na odpowiedniej tyczce (wysięgniku), zaopatrzonej na końcu w izolator.



Zamiast drewnianej tyczki lepiej jest użyć pręta żelaznego, zakończonego izolatorem „telefonicznym", do którego przymocowuje się przewód „doprowadzenia". Jest on trwalszy i mniej widoczny, przez co mniej szpeci fasadę budynku.



Gdy dom jest bardzo wysoki, a doprowadzenie anteny ma sięgać do jednego z niższych pięter, wówczas wykonujący instalację antenową stosują dwa wysięgniki (pręty z izolatorami na końcach), z których jeden umieszczają przy krawędzi dachu, drugi zaś — obok miejsca wprowadzenia do wnętrza budynku.



Odległość między przewodem doprowadzenia anteny a ścianą budynku nie powinna przekraczać 0,5 m.

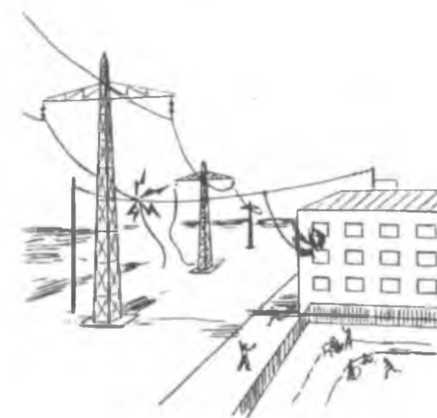
Doprowadzenie anteny powinno być dość mocno naciągnięte, aby podczas wiatru przewód nie kołysał się zbytnio.

Jeżeli w pobliżu domu przebiega linia tramwajowa lub trolejbusowa, to przewody anteny powinny być zawieszone prostopadle do niej. Prostopadły bowiem kierunek zawieszenia przewodów anteny do przewodów trakcji elektrycznej w pewnym stopniu zmniejsza zakłócenia, których źródłem są iskrzenia powstające między przewodami a pałąkami tramwajów i trolejbusów.



Zasada ta obowiązuje również i przy zakładaniu anten w pobliżu przewodów linii energetycznych, telefonicznych, telegraficznych i radiowęzłowych. Anteny powinny być zawieszone **pod kątem prostym** (prostopadle) w stosunku do kierunku przebiegu wymienionych przewodów.

Anten nie wolno zakładać **nad i pod przewodami linii wysokiego napięcia.** Zerwanie się przewodu elektrycznego i zetknięcie z anteną lub na odwrót może spowodować nie tylko zniszczenie odbiornika, lecz również i śmiertelne porażenie osób znajdujących się w tej chwili przy aparacie radiowym.



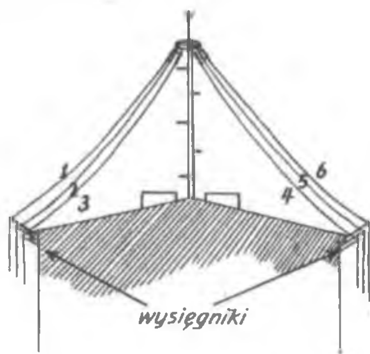
Anten nie wolno zakładać również nad ulicą i szosą.

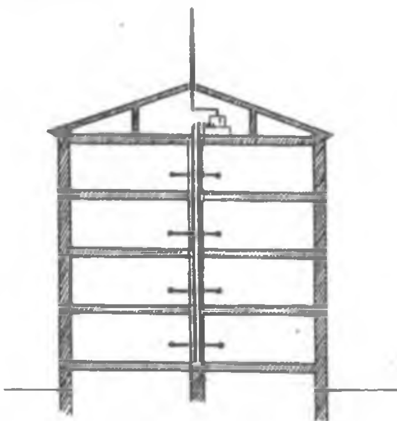
Doprowadzenie anteny nie powinno przebiegać równolegle do umocowanych na ścianie domu przewodów sieci energetycznej, telefonicznej i radiowęzłowej, gdyż może to powodować zakłócenia w odbiorze radiowym.



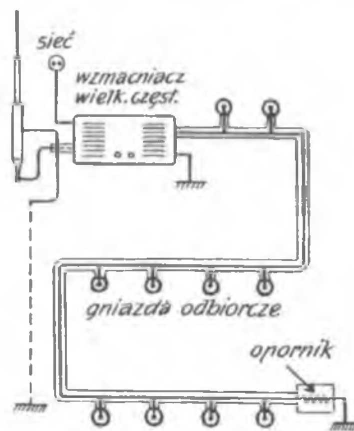
Obecnie, z uwagi na estetyczny wygląd budynku, stosuje się coraz częściej anteny zbiorowe, umocowane do jednego tylko wysokiego

masztu, ustawionego na dachu domu. Odbiór na tego rodzaju antenie jest nieco gorszy niż przy użyciu anten poprzednio omawianych. Antena taka nie ma części poziomej i przebiega prawie całkowicie w „polu zakłóceń", przez co odbiór jest słabszy i może być silniej zakłócany trzaskami.





Czysty i silny odbiór w miastach zapewnić może antena **wspólna**, zwana często — **centralną**. Fale radiowych stacji nadawczych wzbudzają w antenie słabiutkie napięcia wielkiej częstotliwości, które przesyłane są do specjalnego wzmacniacza tzw. „szerokopasmowego", zainstalowanego w odpowiednim pomieszczeniu (np. na strychu domu). Po silnym wzmocnieniu napięcia te zostają doprowadzone do poszczególnych mieszkań przez specjalne, **małopojemnościowe kable ekranowe**.



Ogólny układ takiej instalacji schematycznie przedstawia zamieszczony wyżej rysunek. Znajdujące się w każdym lokalu specjalne gniazdko wtykowe służy do połączenia instalacji antenowej z odbiornikiem radiowym. Jedna antena tego typu może obsłużyć 30 do 40 odbiorników jednocześnie.

Każda antena zewnętrzna powinna być uziemiana nie tylko po skończonej audycji, lecz również przed nadchodzącą burzą.

Kto uziemił antenę, temu może się wydawać, że ewentualnie uderzenie piorunu nie jest groźne dla instalacji odbiorczej. Tak nie jest — szczególnie wówczas, gdy instalacja antenowa wykonana jest nieprawidłowo.

W chwili uderzenia piorunu w uziemioną antenę ogromna ilość ładunków elektrycznych spływa z atmosfery do ziemi po przewodzie antenowym i uziemiającym. Ładunki te tworzą krótkotrwały, lecz bardzo silny prąd elektryczny, który może rozżarzyć do białości przewód. Szczególnie wrażliwe są miejsca, w których z powodu złego styku powstaje oporność dla przepływającego prądu.

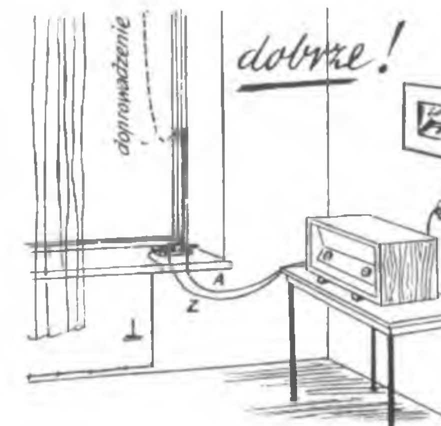
Z tego też powodu pożądane jest dobre lutowanie lub silne skręcenie śrubami wszystkich połączeń na drodze przepływu prądu (przełącznik antenowy, połączenie drutu uziemiającego z rurą wodociągową itp.).

Znajdujące się w pobliżu przedmioty łatwopalne (firanki, rolety itp.) mogą podczas takiego wyładowania atmosferycznego zapalić się i spowodować pożar.



Dlatego też, szczególnie wówczas, gdy przełącznik antenowy zainstalowany jest w mieszkaniu, trzeba zwrócić baczną uwagę na należyte wykonanie instalacji (lutowanie, silne przykręcenie śrub oraz gruby przewód uziemiający).

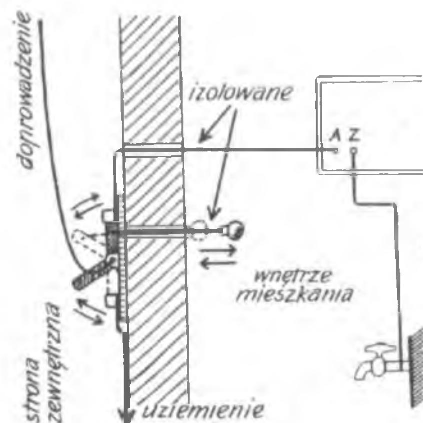
Przełącznik antenowy trzeba umieścić w takim miejscu, aby nie znajdował się w pobliżu przedmiotów łatwopalnych, np. we framudze okna. To samo odnosi się do miejsc przymocowania przewodu uziemiającego.



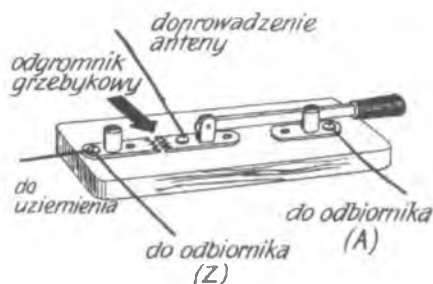
Przełącznik antenowy najlepiej zainstalować (jeśli to możliwe) na zewnątrz budynku. W tym przypadku do mieszkania wprowadzone będą tylko odgałęzienia doprowadzenia antenowego i uziemienia oraz pręt z uchwytem służący do wyłączania i włączania odpowiednio wykonanych noży przełącznika w kształcie litery V. Przewód uziemienia przebiega wówczas na zewnątrz domu, dzięki czemu niemożliwe jest powstanie pożaru w przypadku uderzenia piorunu bezpośrednio w antenę. Tak wykonana instalacja szczególnie jest polecana dla chat wiejskich.

Przełącznik antenowy powinien mieć choćby najprostszy **odgromnik**. Taki odgromnik tworzą np. dwie blaszki mosiężne, ząbkowane na końcach, przyłączone do środkowej i dolnej śruby przełącznika (do zacisków łączących z doprowadzeniem anteny i uziemieniem). Blaszki od-

gromnika muszą być zawsze czyste, a odległość między ząbkami nie może przekraczać 0,4 mm. Tego rodzaju odgromnik doskonale ułatwia



odprowadzenie silnych wyładowań atmosferycznych do ziemi, a przy tym nie wpływa osłabiająco na odbiór. Jest to tzw. **odgromnik grzebykowy.**

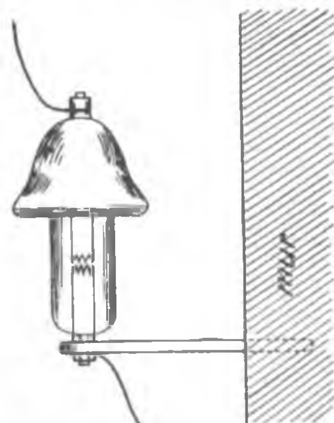


Pożądane jest również włączenie między zacisk doprowadzenia anteny i uziemienia opornika o oporności około 1 MΩ, który będzie stale rozładowywać przewody anteny z gromadzących się na nich ładunków elektrycznych, a nie wpływa zbyt osłabiająco na odbiór radiowy.

Gdy odbiór radiowy zagłuszają bardzo silne trzaski pochodzące z wyładowań atmosferycznych, co występuje przeważnie w lecie, należy bezwzględnie przerwać słuchanie audycji i uziemić antenę.

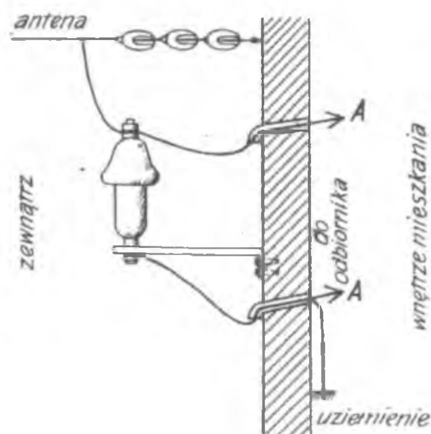


Znacznie wygodniejsze w użyciu od zwykłych przełączników antenowych są odgromniki gazowe, działające samoczynnie. Składają się one z rurki szklanej z rozrzedzonym gazem i odgromnika grzebykowego, zamkniętych w obudowie.



Urządzenie to jest bezpiecznikiem przeciwprzepięciowym.

Całość można umocować na zewnątrz budynku za pomocą kątownika na ramie okiennej lub na ścianie przy oknie tak, jak to pokazano na rysunku. Do górnej i dolnej śruby odgromnika przymocowane są dwa, dobrze izolowane przewody, które doprowadza się do odbiornika.



Przewody doprowadzenia anteny i uziemienia, jeżeli dochodzi ono z zewnątrz, wprowadza się do mieszkania najczęściej przez dwa otwory, wywiercone w ramie okiennej. Przewody te muszą być zawsze bardzo dobrze **izolowane**, gdyż w przeciwnym razie po ich zawilgoceniu (np. po deszczu) mogą wystąpić duże straty energii uzyskiwanej z anteny, przez co i siła odbioru zmniejszy się w znacznym stopniu.

W przypadku umocowania „przełącznika antenowego" wewnątrz mieszkania należy doprowadzenie anteny (gołą linką antenową) również jak najstaranniej odizolować od otaczających przedmiotów (np. cienką rurką gumową lub plastikową).

Doprowadzenie anteny musi być więc wprowadzone przez rurkę izolacyjną, którą wsuwa się do otworu wywierconego w ramie okiennej. Zaciśnięcie linki antenowej ramą okienną jest niedopuszczalne.



Gdy otwór w ramie wywiercony będzie poziomo, to woda deszczowa, ściekając po doprowadzeniu, przedostanie się do wnętrza mieszkania.

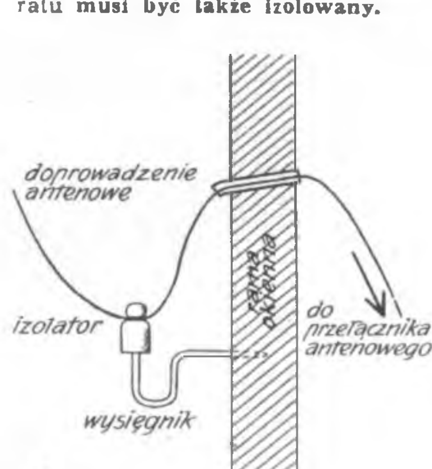


Aby temu zapobiec, otwór w ramie okiennej należy wywiercić **ukośnie**, przy czym **wejście do otworu z zewnątrz ramy powinno znajdować się niżej od wyjścia z otworu wewnątrz mieszkania**, czyli tak, jak to pokazano na rysunku.

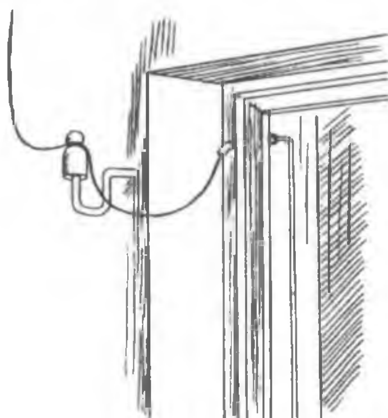
Rurki izolacyjne (izolatory przepustowe) mogą być wykonane ze szkła, gumy, bakelitu, porcelany itp.

Przewód doprowadzenia anteny przechodzi przez przepust antenowy do wnętrza mieszkania i zostaje przyłączony do przełącznika antenowego.

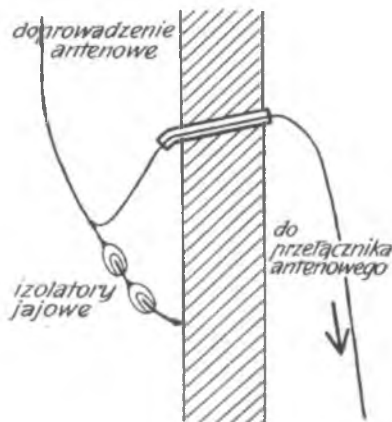
Ponieważ przewód ten na drodze do przełącznika może stykać się z ramą okienną lub ścianą, co jest szkodliwe, należy go **dobrze izolować**, umocowując na izolatorkach lub naciągając na niego rurkę izolacyjną (może być np. gumowa). Pamiętać również trzeba, że przewód od przełącznika antenowego do aparatu **musi być także izolowany.**



Doprowadzenie anteny powinno mieć mały zwis, aby woda deszczowa nie przedostawała się do wnętrza mieszkania. Aby to osiągnąć, stosuje się izolator „telefoniczny", umocowany na ścianie domu, do którego przymocowuje się przewód doprowadzenia.

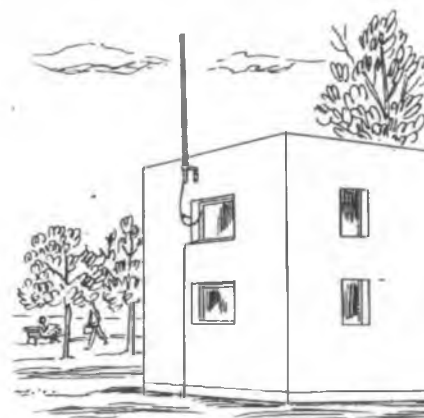


Doprowadzenie anteny może być również przymocowane za pomocą izolatorów antenowych, połączonych między sobą np. linką smołowaną.

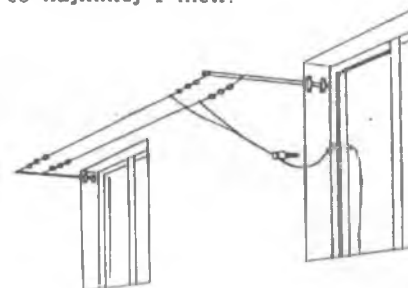


Oprócz opisanych już anten istnieją również różne ich odmiany, które także w odpowiednich warunkach, przy użyciu czułego aparatu radiowego, mogą dać dobry i czysty odbiór.

Niżej na rysunku widzimy tzw. „antenę pionową", która stanowi gruby, miedziany pręt albo rura gazowa czy wodociągowa, dobrze izolowana w miejscu umocowania. Górny koniec tej anteny jest swobodny, do dolnego zaś przymocowane jest doprowadzenie antenowe.

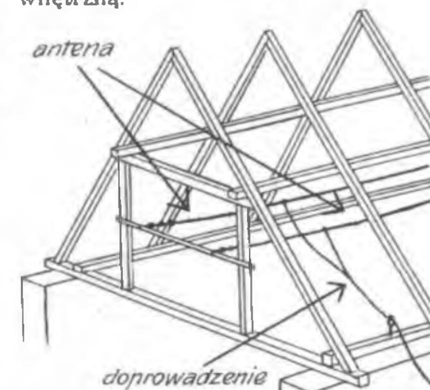


Innym rodzajem „zastępczej" anteny zewnętrznej jest stosowanie jednego lub kilku poziomych promieni, zawieszonych na wspornikach między oknami mieszkania. Odległość między przewodem najbliższym ściany wynosić powinna co najmniej 1 metr.

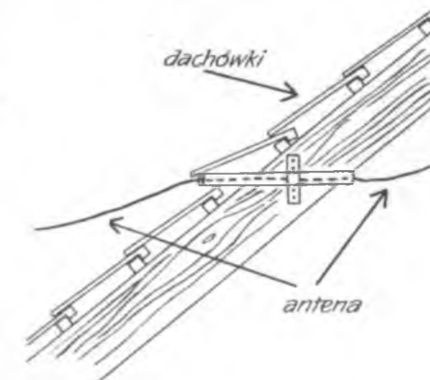


Promienie anteny i doprowadzenie muszą być starannie odizolowane od tyk i ram okiennych. Antena taka szpeci jednak elewację budynku.

Czasami stosuje się również antenę zawieszoną na strychu, jeżeli konstrukcja budynku nie jest żelazobetonowa i dach nie jest pokryty blachą lub wykonany z betonu. Taką antenę zawiesza się wówczas na izolatorach, podobnie jak antenę zewnętrzną.



Na rysunku dalej widzimy, jak za pomocą małej rurki porcelanowej można wyprowadzić antenę ze strychu na zewnątrz dachu.

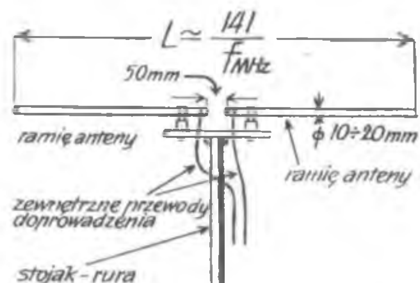


Doprowadzenie anteny musi być wówczas również izolowane i przymocowane do tyczki z izolatorem

porcelanowym na końcu — w przeciwnym razie pod wpływem wiatru może nastąpić zetknięcie przewodu z dachem lub rynną deszczową, a to będzie powodować trzaski w odbiorze radiowym lub całkowicie go uniemożliwi.

Te ostatnie anteny należy uważać za zastępcze i stosować je można tylko w przypadku, gdy założenie dobrej anteny zewnętrznej jest niemożliwe.

Prostej konstrukcji antenę do odbioru fal ultrakrótkich (UKF) i telewizyjnych (przy dużej odległości od stacji nadawczej) należy zainstalować na dachu lub wysokiej żerdzi (na wsi). Poziome ramiona anteny trzeba wówczas wykonać z rurki, najlepiej mosiężnej, o średnicy od 15 do 20 mm. Rurki te powinny być ustawione jedna za drugą w jednej linii, przy czym odległość ich od siebie powinna wynosić około 5 cm. Blisko środka ramion anteny, przy wewnętrznych końcach prętów, należy wykonać „obejmy" z dość grubego paska blachy, a te z kolei przymocować do izolatorów (np. dla napowietrznych linii telefonicznych). Każdy z tych izolatorów umocowa-



ny jest do grubej płytki izolacyjnej (np. bakelitowej), a ta następnie przymocowana jest obejmą do długiej rury (np. gazowej), stanowiącej podporę prętów anteny. Rura ta może być trwale przymocowana do komina lub innej części dachu.

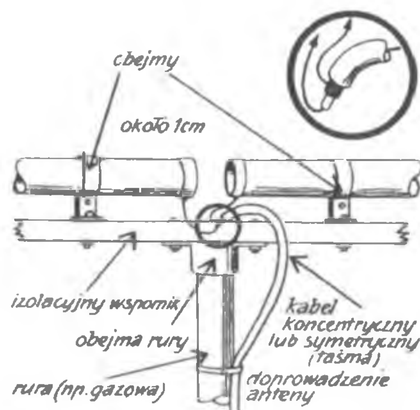
Potrzebną długość poziomych ramion anteny w metrach od końca całości poziomej części anteny można obliczyć łatwo samodzielnie według przybliżonego wzoru:

$$L = \frac{141}{f_{(MHz)}} \text{ m.}$$

Dla przykładu załóżmy, że chcemy zbudować antenę tzw. dipolową do odbioru fal o długości 5 m, czyli o częstotliwości 60 MHz. Wówczas długość poziomej części anteny od końca do końca powinna wynieść około:

$$L = \frac{141}{60} = 2{,}35 \text{ m.}$$

Po odjęciu odległości obu prętów od siebie (pośrodku) — 5 cm, pozostaje nam 2 m 30 cm. Dzieląc całą długość przez dwa, otrzymamy długość jednego pręta, wynoszącą — 1 m 15 cm.



Doprowadzenie anteny do odbiornika powinno być jak najkrótsze i przyłączone do poziomych ramion anteny w środku, przy wewnętrznych końcach prętów tworzących te ramiona.

2. Doprowadzenie anteny

Ponieważ przewodami, które łączą przełącznik antenowy z odbiornikiem radiowym, płyną słabiutkie prądy wielkiej częstotliwości, przeto ta część instalacji antenowej musi być wykonana szczególnie starannie, aby uniknąć strat energii powstałych wskutek „upływu" tych prądów do ziemi. Straty prądów antenowych powodują pogorszenie odbioru. Na rysunku przedstawiona jest wymieniona część instalacji antenowej wykonana błędnie.



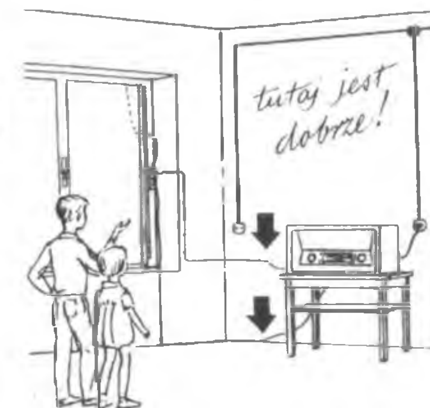
Przewodu antenowego nie należy umocowywać blisko przewodów oświetleniowych, rur gazowych i rur centralnego ogrzewania.

Prądy antenowe mogą łatwo przedostać się do ziemi po powierzchni wilgotnej ściany, co również powoduje pogorszenie odbioru. Aby uniknąć tych strat, przewód antenowy wraz z doprowadzeniem powinien być na całej długości dobrze izolowany od otoczenia.

Jeżeli przewody doprowadzeniowe (antenowy i uziemiający) są splecione ze sobą, wówczas tworzy się pewnego rodzaju kondensator. Prądy szybkozmienne uzyskiwane z anteny spływają wcześniej do ziemi, nim dopłyną do odbiornika.



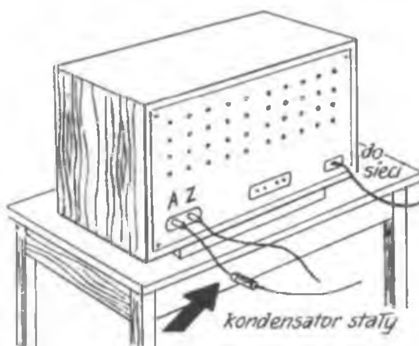
Prawidłowo wykonaną instalację antenową wewnątrz mieszkania



przedstawia rysunek. Doprowadzenia anteny i uziemienia przechodzą przez ramę okienną oddzielnymi otworami.

Dobrze izolowany przewód antenowy umocowano na podkładkach izolacyjnych, przymocowanych do ściany. Przewód uziemiający poprowadzono po listwie podłogowej. W pobliżu przewodu antenowego nie znajduje się żadna z instalacji elektrycznych, gazowych itp.

Gdy antena jest za długa i wskutek tego selektywność odbiornika wydaje się niedostateczna, można wówczas elektrycznie „skrócić" antenę, włączając między antenę a gniazdko antenowe odbiornika (*A*) kondensator stały o pojemności rzędu 100—300 pF (pikofaradów).



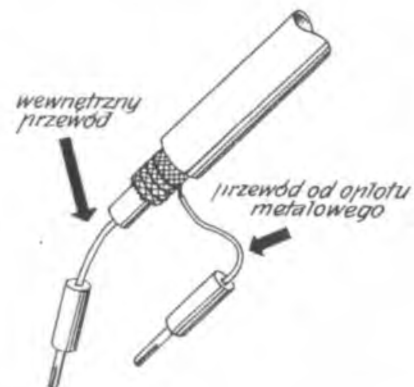
„Doprowadzenie" anten do odbioru fal ultrakrótkich, na których nadawana jest również fonia programów telewizyjnych, można wykonać ze specjalnego kabelka koncentrycznego o małych stratach. Kabelek ten ma wewnątrz jedną żyłę miedzianą, znajdującą się w koralikach z porcelany lub specjalnej masy izolacyjnej, bądź też otoczoną masą o dobrych własnościach izolacyjnych. Izolacja ta z kolei znajduje się w ekranie wykonanym z plecionych cienkich drucików metalowych, a na wierzchu całości umieszczona jest warstwa gumy lub masy plastycznej.

Wewnętrzna żyła kabelka stanowi jeden przewód doprowadzenia, metalowy jego ekran z drucików — drugi.



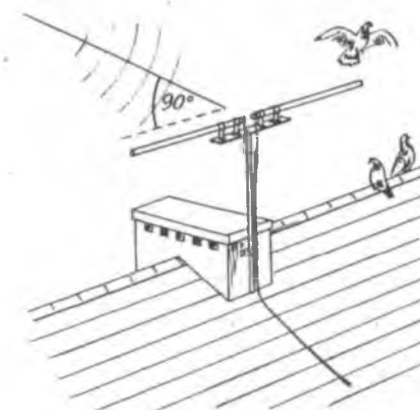
Kabelek doprowadzenia odizolowuje się na obu końcach tak, że metalowy oplot stanowiący ekran znajduje się około 1 cm od końca wewnętrznej izolacji, z której wystaje środkowa żyła. Ma to na celu uniknięcie przypadkowego zwarcia obu przewodów doprowadzenia — żyły i ekranu.

Oplot ekranu również oczyszcza się z zewnętrznej izolacji kabelka



na długości około 1 cm i przylutowuje do niego kawałek przewodu miedzianego, okręcając go przed przylutowaniem kilkakrotnie naokoło ekranu.

Przygotowany w ten sposób jeden koniec kabelka „doprowadzenia" łączymy odpowiednio z poziomymi promieniami anteny — dipola, zaś drugi jego koniec — z dwiema wtyczkami, które wkłada się do gniazdek odbiornika oznaczonych UKF (lub UKW, UKV itp.).

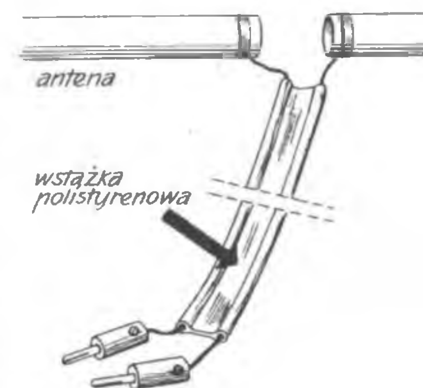


Górne końcówki (wewnętrznej żyły i ekranu) łączy się z obu ramionami anteny przy ich wewnętrznych końcach; w odległości około 1 cm od końca każdego pręta. Do jednego pręta przylutowuje się wewnętrzną żyłę doprowadzenia, do drugiego — przewód połączony z ekranem kabelka. Jeżeli pręty anteny wykonane są z rurek miedzianych lub mosiężnych, połączenia te należy lutować, jeżeli z aluminium, trzeba mocno ścisnąć śrubami z obejmą (wykonaną np. z paska blachy miedzianej), do której przylutowuje się przewody doprowadzenia.

Kabelek doprowadzenia nie może być nigdzie zagięty pod ostrym kątem. Na górze i na dole (przy wejściu do mieszkania) powinny być zrobione zwisy w ten sposób, aby woda deszczowa nie mogła wpływać do wnętrza kabelka.

Kabelek przy rurze stojakowej powinien być do niej przymocowany, aby się nie kołysał przy podmuchach wiatru.

Anteny tego typu mają często „doprowadzenie" sporządzone nie z koncentrycznego kabelka w ekranie, lecz z płaskiego przewodu z postaci „wstążki" wykonanej ze sztucznego tworzywa (np. polistyrenu). Po obu bokach takiej „wstążki", na jej skrajach, wtopione są dwa przewody. Wstążka taka ma szerokość 10÷15 mm. Doprowadzenie takie nazywamy „symetrycznym". Górne końce przewodów doprowadzenia dołączone są do obu poziomych ramion anteny (każdy koniec do innego ramienia anteny), a dolne końce są zakończone wtyczkami i wetknięte w gniazdka odbiornika przeznaczone do odbioru UKF.



Naturalnie, odprowadzenie takie musi być również umocowane poprzez dodatkową izolację do stojaka, aby nie kołysało się przy podmuchach wiatru.

3. Uziemienie

Drugą bardzo ważną częścią instalacji antenowej jest uziemienie. Od dobroci uziemienia zależy również siła i czystość odbioru. Jakikolwiek metalowy przedmiot (np. blaszany ocynkowany kubeł), byle o dużej powierzchni, zakopany głęboko w ziemi i połączony drutem z odbiornikiem, stanowi „uziemienie". Uziemienie składa się z dwóch części: właściwego uziemiacza zwanego „uziomem" (metalowego przedmiotu zakopanego w ziemi) i doprowadzenia (drutu łączącego uziom z odbiornikiem).

Doprowadzenie uziemienia powinno być **jak najkrótsze** i wykonane **grubym drutem miedzianym** (najmniejszy przekrój 2,5 mm²) lub żelaznym (najmniejszy przekrój 10 mm²).

Doprowadzenie uziemienia do przełącznika antenowego powinno przebiegać bez ostrych skrętów i załamań.

Drut uziemiający można przymocować do ściany lub do podłogi (listwa podłogowa).

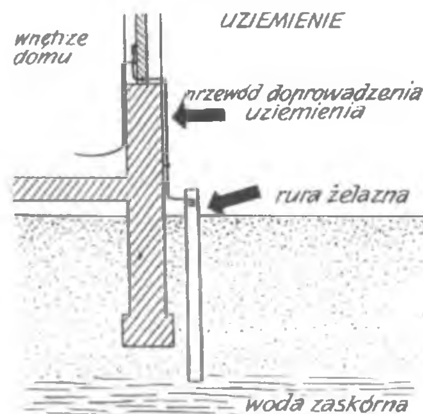
W miastach, gdzie istnieje sieć wodociągowa, doprowadzenie uziemienia można przyłączyć do rury lub do kranu. **Z rur gazowych i centralnego ogrzewania korzystać nie wolno**, ponieważ poszczególne ich odcinki są odizolowane od siebie i stanowią zły przewodnik.

Miejsce, w którym dokonuje się złączenia drutu uziemiającego z rurą, powinno być **dokładnie oczyszczone** do metalicznego połysku. Najlepiej drut mocno okręcić na rurze, zwój przy zwoju, a następnie końce jego po skręceniu zlutować.

Na wsi, gdzie nie ma wodociągów, wystarczy do ziemi wbić lub zakopać pionowo długą rurę żelazną (w miarę możliwości do 2 m długości i około 25 mm średnicy. Rura ta



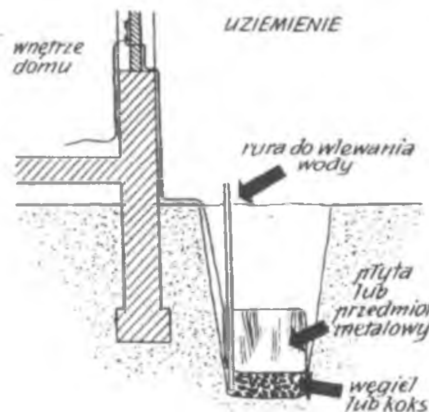
może być gazowa lub wodociągowa. Wystający nad powierzchnią ziemi na około 20 cm koniec rury należy połączyć z doprowadzeniem uziemienia.



Jeżeliby przylutowanie drutu uziemiającego sprawiało wiele trudności, to można wówczas drut ten okręcić mocno kilkakrotnie naokoło oczyszczonej rury, a następnie po wierzchu izolować miejsce złączenia, np. roztopionym woskiem lub parafiną, chroniąc w ten sposób przed wpływami atmosferycznymi.

Jeżeli ziemia jest sucha, trzeba wówczas w pobliżu domu wykopać głęboki dół (ok. 2 m), sięgający do wody gruntowej.

Warstwa koksu lub bardzo drobnego węgla drzewnego, ułożona na dnie dołu, utrzymuje pożądaną wilgoć, gdy woda gruntowa znajduje się bardzo głęboko.



Uziom może być arkuszem ocynkowanej żelaznej blachy o powierzchni około 1 m², bądź też dużą spiralą wykonaną z kilkunastu zwojów grubego drutu miedzianego. Uziom umieszcza się na dnie dołu w warstwie koksu lub węgla (arkusz blachy należy ustawić pionowo).

Drut uziemiający należy dobrze dolutować lub przynitować do przedmiotu użytego na uziom.

W jednym z rogów dołu dobrze jest umocować długą żelazną rurę, sięgającą do warstwy koksu lub węgla i wystającą nieco nad ziemią. Służyć ona będzie do zwilżania gruntu wodą podczas susz letnich.

Dobrze jest także koks posypać solą w celu zapewnienia lepszego przewodzenia prądu elektrycznego.



Dobre uziemienie stanowi również **blacha cynkowa**, umieszczona na dnie studni. **Blachy żelaznej i miedzianej nie powleczonej warstwą cynku nie należy używać do tego celu**, gdyż w połączeniu z różnymi składnikami chemicznymi zawartymi w wodzie studziennej mogłaby



wpłynąć niekorzystnie na jakość i zdrowotność wody.

Szczególnie blacha miedziana jest niebezpieczna, ponieważ woda studzienna może ulec zatruciu.

Jako uziemienia **nie należy używać rynny deszczowej**, gdyż na ogół nie kontaktuje ona z ziemią.

Czasami dobrym uziemieniem może być kilka metrów przewodu zakopanego w rowie na głębokości 70 cm do 1 m. Drut taki w miarę możności należy prowadzić równolegle do poziomych promieni anteny i dobrze jest przymocować do niego poprzeczne żeberka na podobieństwo szkieletu ryby.

Gdy odległość między przełącznikiem antenowym i przewodem uziemiającym piorunochron jest bardzo mała, to można przewód ten wykorzystać, lecz tylko do uziemienia anteny. Przewód uziemienia do odbiornika powinien być inny, połączony np. z rurą wodociągową.

Rur gazowych i ołowianego kabla telefonicznego nie można używać jako uziemienia.



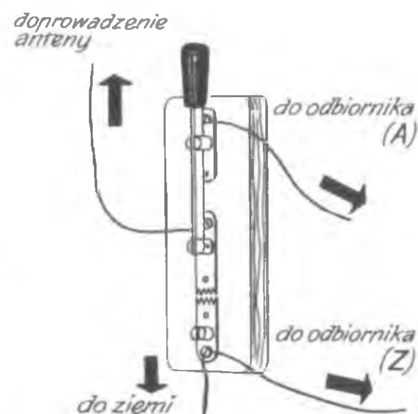
Zamiast uziemienia można czasami z dobrym skutkiem wykonać tzw. „przeciwwagę", którą może być kilkanaście metrów **izolowanej** linki (np. antenowej) lub drutu ułożonego w spiralę i np. przyszytego od spodu do dywanu.

Jeden koniec takiej spirali (dowolny) należy przyłączyć do gniazdka uziemienia Z w odbiorniku.

Można również przewód ten przymocować do listwy podłogowej naokoło pokoju, wzdłuż ścian.

Tego rodzaju przeciwwagi służą tylko do odbioru audycji; nie można ich wykorzystywać do uziemiania zewnętrznej anteny.

Jak należy prawidłowo przyłączać doprowadzenie anteny i uziemienie do przełącznika, przedstawia zamieszczony rysunek.



Aby antenę do odbioru fal ultrakrótkich (UKF) zabezpieczyć przed wyładowaniami atmosferycznymi, trzeba również wykonać instalację odgromową. Instalacja taka potrzebna jest szczególnie w przypadku, gdy antena zainstalowana jest wysoko nad domem.

Instalację odgromową można wówczas wykonać z drutu stalowego, ocynkowanego o średnicy nie mniejszej niż ok. 10 mm, do którego doprowadzony i przylutowany jest



przewód uziemiający, połączony z właściwym uziomem zakopanym w ziemi lub z dobrą instalacją wodociągową.

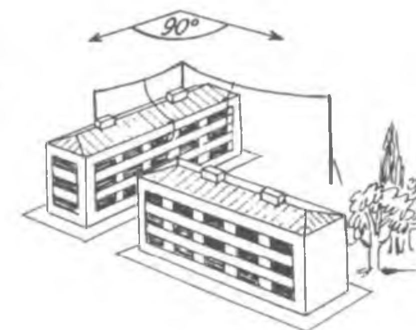
Jeżeli nie ma piorunochronu z takich lub innych przyczyn, wówczas, jeśli doprowadzenie wykonane jest z kabla koncentrycznego, można zainstalować zwykły przełącznik antenowy i ekran kabla wykorzystywać do uziemiania anteny.

Do przełącznika doprowadza się wtedy **przewód połączony z ekranem kabelka** użytego na doprowadzenie oraz przewód połączony z uziemieniem lub instalacją wodociągową. Uziemia się wtedy **tylko ekran kabelka koncentrycznego.**

4. Dodatkowe uwagi o zakładaniu anten zewnętrznych

Jeżeli się tak składa, że na dachu ma być zawieszonych kilka anten równolegle, to odległość między nimi powinna wynosić co najmniej 1 m. **Takie rozmieszczenie anten jest jednak niepożądane**, gdyż mogą występować wzajemne ich oddziaływania, co objawić się może w postaci silnych gwizdów zakłócających odbiór. Gwizdy w odbiorze najczęściej powstają przy niewłaściwej obsłudze odbiorników radiowych typu „proste-go" (nie superheterodyn), podczas nadmiernego stosowania „reakcji".

Dlatego też lepiej jest zawieszać anteny prostopadle w stosunku do siebie (pod kątem 90°).



Gdy anteny krzyżują się, to najmniejsza odległość między nimi powinna wynosić co najmniej 50 cm, a kąt skrzyżowania — od 60° do 90°.

Przy odległościach większych niż 5 m kąt skrzyżowania może być dowolny.



Dwie anteny mogą być zawieszone na dwu wspólnych masztach.

Obie anteny są wówczas odizolowane pośrodku łańcuchem izolatorów. Rozwiązanie to nie jest jednak praktyczne, gdyż jedna antena silnie oddziałuje na drugą.

Zawieszenie anten nad torami kolejowymi, liniami tramwajowymi, trolejbusowymi, wysokiego napięcia, radiofonicznymi, ulicami, placami publicznymi itp. jest zabronione. Jedynie tylko w przypadkach wyjątkowych, gdy zachodzi tego rzeczywista potrzeba, można otrzymać zezwolenie władz administracyjnych pierwszej instancji na takie założenie anteny.

Anten nie wolno również **zakładać nad** — bądź **pod przewodami elektrycznymi linii oświetleniowej.**

Odległość w linii poziomej anteny od przewodów napowietrznej linii wysokiego napięcia powinna wynosić co najmniej 20 m, a od przewodów linii niskiego napięcia — 5 m.

Zawieszanie anten równolegle do przewodów telegraficznych, telefonicznych i radiowęzłowych w odległości mniejszej niż 5 m — jest zabronione. Gdy antena musi krzyżować się z wymienionymi przewodami, to należy wykonać ją grubym izolowanym drutem. Kąt skrzyżowania powinien wynosić wówczas co najmniej 60°, a najmniejsza odległość między anteną i przewodami — 2 m. **Skrzyżowań** tych należy jednak **unikać.**

Podobnie **odległość poziomego promienia anteny od szczytu dachu** powinna wynosić **co najmniej 2 m,** aby nie był utrudniony dostęp do kominów.

Nie wolno również zawieszać anten na dachach krytych słomą, trzciną, sitowiem i podobnym łatwopalnym materiałem. W takim przypad-



ku antenę należy zawiesić na dwóch wysokich masztach (tyczkach) drewnianych, umocowanych w ziemi w pobliżu domu, oraz — zainstalować na nich piorunochrony.

Panie Profesorze — wtrąciła Kasia. — Czy obecnie, przy użytkowaniu wielolampowych, czułych i często z anteną ferrytową odbiorników radiowych potrzebna jest antena zewnętrzna? Przecież i na kawałek drutu lub na samej antenie ferrytowej uzyskuje się odbiór wielu stacji krajowych i zagranicznych.

Moja droga Kasiu — odpowiedział pan profesor. — Nie zawsze odbiór na tzw. antenach wewnętrznych (zastępczych), o których zaraz będziemy mówić, jest silny i czysty. Często przy użyciu takiej anteny odbiór audycji zakłócany jest trzaskami i warkotem, jest dość słaby i „zasięg odbioru" nie jest tak duży, jak przy antenie zainstalowanej wysoko na dachu. Daje się to specjalnie silnie odczuć, gdy mieszkanie, w którym zainstalowany jest odbiornik radiowy, znajduje się np. w budynku o szkielecie żelaznym lub żelbetonowym. Szkielet ten tworzy „uziemioną klatkę", do wnętrza której nie dochodzą lub dochodzą bardzo osłabione elektromagnetyczne fale nośne stacji radiofonicznych. Poza tym, jeżeli w tym budynku znajdują się np. windy, jakiś zakład produkcyjny lub usługowy używający różnych nie zabezpieczonych maszyn elektrycznych, to odbiór radiowy na antenach wewnętrznych, a nawet i na antenie ferrytowej, będzie zakłócany trzaskami, warkotem itp.

Powiecie zapewne, jeżeli odbiór jakiejś audycji jest słaby, to przecież można go wzmocnić pokręcając pokrętłem „siły głosu". No tak. Ale zwiększając nadmiernie wzmocnienie odbiornika wzmacniacie równocześnie jego „szumy własne", które daje każdy aparat. Audycja wtedy jest silniejsza, lecz wraz z szumem; najsilniej daje się on zauważyć podczas ciszy w głośniku, w przerwach nadawanej audycji. Poza tym mogą występować zniekształcenia dźwięków, chrypienie itp., a prócz tego — silniejsze są również wszystkie zakłócenia trzaskami, warkotem natury „przemysłowej" itp., gdyż są one przecież również wzmacniane.

Jak widzicie, odczuwanie zakłóceń w odtwarzanej audycji zależy w dużym stopniu od stosunku siły otrzymywanego sygnału do siły tych zakłóceń. Przy sygnałach słabych zakłócenia te są bardziej słyszalne niż przy sygnałach silnych.

Sygnał słaby wymaga silnego wzmocnienia odbioru, a wtedy wzmacniane są również zakłócenia i szumy własne aparatu.

Przy wysoko zawieszonej antenie zewnętrznej stosunek siły „sygnału radiowego" do zakłóceń kształtuje się na korzyść tego sygnału. Silny, nie zakłócany sygnał radiowy wymaga mniejszego wzmocnienia. Odbiór jest silny, czysty, nie zakłócany trzaskami i warkotem natury przemysłowej, przy minimalnym szumie własnym aparatu radiowego.

Odbiór może być wówczas ewentualnie zakłócany tylko trzaskami pochodzenia atmosferycznego (np. w czasie wyładowań atmosferycznych).

Czasami antena zewnętrzna jest jedynym rozwiązaniem dla otrzymania dobrego odbioru radiowego.

A oprócz tego jeszcze jedno. Podstawowe wiadomości, które teraz uzyskujecie z zakresu radiotechniki, mają na celu nie tylko ogólne zaznajomienie Was z tak ciekawą dziedziną wiedzy, jaką jest radiotechnika, lecz również zachęcenie Was do zdobycia następnego stopnia wiedzy, np. przeczytania książki pt. „Jak czytać schematy radiowe" (napisanej przeze mnie) lub jeszcze innych książek o wyższym poziomie technicznym.

Każdy radioamator w początkach swoich poczynań będzie napotykać różne trudności, a na pewno rozpocznie swoje montaże od najprostszych odbiorników radiowych. Ci muszą choćby ogólnie znać obowiązujące przepisy i zapoznać się z podanymi Wam uwagami, gdyż takie aparaty bezwzględnie wymagają do uzyskania dobrego odbioru wysoko zawieszonej anteny zewnętrznej.

Antena zewnętrzna pożądana jest nie tylko ze względu na zmniejszenie zakłóceń natury przemysłowej, lecz również i w miejscach daleko położonych od radiostacji nadawczych.

A teraz pomówimy jeszcze o innego rodzaju antenach.

5. Anteny wewnętrzne i ferrytowe

Najprostszą anteną wewnętrzną może być drut izolowany. Może być on np. przyszyty do dywanu (od spodu). Jeden koniec tego drutu (odizolowany na zakończeniu) należy połączyć z gniazdkiem antenowym *A* odbiornika.



Nieco lepszą anteną wewnętrzną jest drut izolowany, przybity, np. do listwy podłogowej wokoło pokoju.



Należy jednak uważać, że aby podczas przybijania gwoździkami nie uszkodzić izolacji na drucie, gdyż może to powodować osłabienie siły odbioru radiowego.

Znacznie lepszą anteną może być drut naciągniętych na małych izolatorkach, przymocowanych wysoko do ściany — pod sufitem. Straty słabych prądów antenowych będą wówczas mniejsze, a przez to otrzyma się głośniejszy odbiór. Nie jest to co prawda estetyczne, ale w pewnych warunkach taką antenę można zawiesić.



Należy przy tym, w miarę możliwości, unikać zawieszania drutu antenowego równolegle do elektrycznych przewodów oświetleniowych, telefonicznych i radiowęzłowych.

Antenę pokojową można zawieszać na dowolnych, małych izolatorkach; można nawet użyć porcelanowych izolatorków i koralików od grzejników elektrycznych (kuchenek, piecyków i innych).

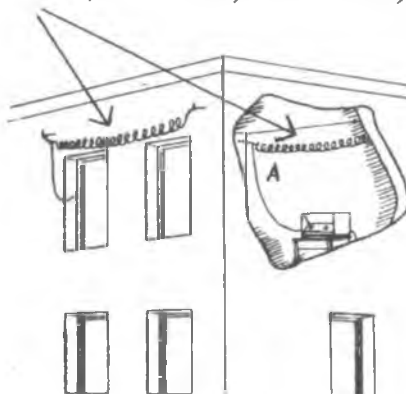
Jeżeli pokój jest mały, to antena może być za krótka, przez co odbiór fal długich będzie słaby. W takim przypadku antenę ewentualnie można zawiesić w dwóch przylegających do siebie pokojach, stosując przepust izolacyjny ochraniający przed zetknięciem drutu z murem.

Najłatwiejszą do założenia w mieszkaniu jest tzw. **antena spiralna.** Składa się ona z kilkudziesięciu metrów drutu miedzianego, skręconego śrubowo i zaopatrzonego na końcach w izolatory. Antena ta nie **może dotykać ściany.** Często spotyka się ją w handlu.



Wielu radiosłuchaczy zawiesza anteny spiralne nad balkonami sądząc, że wówczas otrzyma silniejszy od-

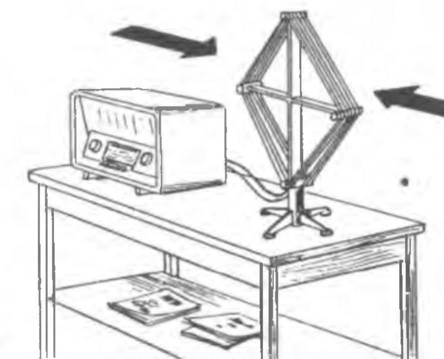
antena spiralna wewnątrz lub na zewnątrz



biór. Należy przeto zaznaczyć, że nie ma to żadnego wpływu na siłę odbioru. Ściany z cegły i drewna, byle nie zawierały mas metalowych (konstrukcje żelbetonowe), nie stanowią przeszkód dla biegu fal elektromagnetycznych.

W rzadkich przypadkach można stosować obrotową **antenę ramową.** Wygląd takiej anteny przedstawia zamieszczony rysunek. Właściwością

antena ramowa



anteny ramowej jest jej kierunkowość (odbiera ona sygnały stacji tylko z kierunków równoległych do jej płaszczyzny.

Przez jej obrót naokoło pionowej osi można ją ustawić na „najsilniejszy odbiór".

Anteny ramowe mogą być stosowane przy odbiornikach wielolampowych. Anteny takie często są wbudowane do skrzynek przenośnych odbiorników (np. turystycznych), tworząc z nimi jedną całość.

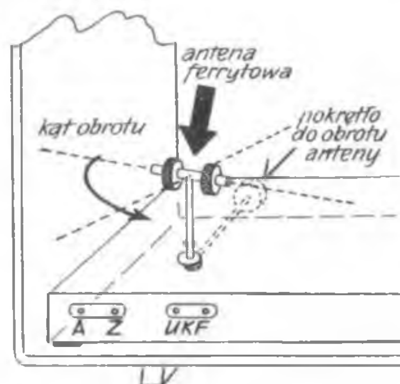
W odbiornikach radiowych wysokiej klasy coraz częściej obecnie używane są „anteny ferromagnetyczne", zwane — **ferrytowymi.** Tego rodzaju antenę stanowi najczęściej jedna lub dwie cewki umieszczone na ferrytowym pręcie o długości kilku lub kilkunastu centymetrów (zależnie od rodzaju odbiornika) i średnicy około 10 mm.

Ferrytowy pręt wykonany jest z pyłku żelaza zmieszanego z odpowiednim materiałem izolacyjnym, który po sprasowaniu według kształtu potrzebnej formy i specjalnej „obróbce" cieplnej oddziela od siebie dokładnie poszczególne cząsteczki tego pyłku.

Pręt taki wraz z cewkami, stanowiący antenę ferrytową, ustawiony jest we wnętrzu skrzynki odbiornika. Ustawiony on jest tak, że znajduje się w położeniu poziomym i może być obracany w płaszczyźnie poziomej.

Umożliwia to specjalna konstrukcja, połączona z pokrętłem znajdującym się najczęściej na przedniej ściance skrzynki aparatu radiowego.

Antena taka najsilniej przyjmuje te fale, których kierunek jest prostopadły do pręta ferrytowego. Fale, które dochodzą z kierunku równoległego do tego pręta, przyjmowane są najsłabiej.



Dzięki właściwości takiej anteny można, pokręcając odpowiednim pokrętłem odbiornika radiowego, nastawić na najsilniejszy odbiór żądanej stacji, eliminując jednocześnie wszystkie „przebijania" audycji innych stacji, znajdujących się w innym kierunku niż stacja odbierana.

Anteny te stosowane są najczęściej do odbioru fal średnich, czasami — długich.

Do odbioru fal ultrakrótkich (UKF) w niezbyt dużej odległości od stacji nadawczej można użyć anteny wewnętrznej wykonanej z dwu izolowanych drutów miedzianych.



Druty te skręca się przy odbiorniku, a dwa promienie anteny zawiesza poziomo, przymocowując na izolatorkach do ścian pokoju. Taką antenę powinno się zawieszać możliwie najwyżej, a kierunek jej poziomych promieni najlepiej ustalić doświadczalnie, biorąc pod uwagę, że najsilniej odbierane są te fale, które przychodzą prostopadle do kierunku poziomych promieni.

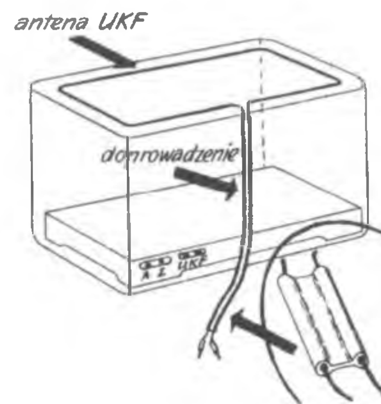
Odizolowane końce skręconego sznura umocowuje się we wtyczkach, które służą do włączania anteny w odpowiednie (UKF) gniazdka odbiornika.

Długość poziomych promieni anteny najlepiej dopasować do długości odbieranej fali, posługując się wzorem podanym poprzednio.

Czasami zdarza się, że lepszy odbiór uzyska się przez pionowe zawieszenie promieni anteny. Zależy to od sposobu promieniowania fali przez antenę stacji nadawczej.

Antena taka może służyć również do odbioru dźwięku nadawanego przez stację telewizyjną.

W lepszej klasy odbiornikach radiowych antena „wewnętrzna" do odbioru fal ultrakrótkich (UKF) zainstalowana już jest wewnątrz skrzynki aparatu.



Najczęściej jest ona wykonana w kształcie ramy otaczającej od wewnątrz wierzch skrzynki odbiornika (a czasami i ścianki boczne) w postaci izolowanego przewodu. Doprowadzenie do gniazdek UKF wykonane jest płaskim z plastiku „małostratnym" przewodem w postaci wstążki, w której oba przewody umieszczone są w odległości kilku milimetrów od siebie — na skrajach wstążki.

6. Anteny zastępcze

W każdym mieszkaniu, gdzie znajduje się instalacja elektryczna, przewody tej instalacji mogą zastąpić antenę. Dotyczy to zarówno sieci prądu stałego, jak i zmiennego.

Przewody każdej instalacji elektrycznej, w pewnym sensie, można uważać za anteny. Szczególnie przewody elektryczne zawieszone za pomocą izolatorów na słupach, swym wyglądem przypominają bardzo długie anteny radiowe.

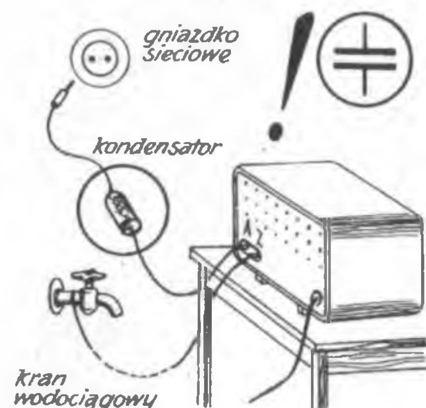


Nasuwa się przeto myśl, aby jeden z przewodów instalacji oświetleniowej wykorzystać jako antenę, łącząc jedno z gniazdek wtykowych takiej instalacji z gniazdkiem antenowym odbiornika.



Niestety, bezpośrednie połączenie gniazdka antenowego w aparacie radiowym z instalacją elektryczną spowodowałoby **zwarcie elektryczne**, co w rezultacie przyczyniłoby się do zniszczenia cewek w odbiorniku.

Przewody instalacji elektrycznej można czasami wykorzystać jako antenę, lecz należy je połączyć z gniazdkiem antenowym odbiornika radiowego **nie bezpośrednio, lecz poprzez kondensator stały o odpowiedniej pojemności**.



Przemysł radiotechniczny produkuje takie kondensatory o najrozmaitszej pojemności. Różnią się one między sobą wymiarami wynikającymi z ich konstrukcji i wartościami elektrycznymi. Kondensator taki, o niezbyt dużej pojemności elektrycznej, włączony między jedno **gniazdko** tzw. popularnie — „kon**taktu oświetle**niowego" a gniazdko **antenowe w** odbiorniku, nie prze**puszcza** prądu oświetleniowego, mającego częstotliwość 50 Hz, prze**puszcza** natomiast prądy szybkozmienne, czyli — wielkiej częstotliwości. Do naszego celu można użyć kondensator o pojemności od 300 do 500 pF **i o napięciu przebicia co najmniej 1500 V**. Bardzo często fabryczne odbiorniki radiowe mają już wbudowany taki kondensator, umożliwiający wykorzystanie sieci oświetleniowej jako anteny. Jest to tzw. **„antena świetlna"**.

Ze względu na niebezpieczeństwo porażenia prądem, grożące radiosłuchaczowi dotykającemu metalowych części kondensatora, należy używać tzw. anten „świetlnych", wykonanych np. w postaci dużej wtyczki, w której właśnie wmontowany jest kondensator.

Wadą każdej anteny świetlnej jest jej duża wrażliwość na zakłócenia, które łatwo przedostają się z sieci elektrycznej do aparatu radiowego.

7. Wybór odbiornika radiowego

Wytwórnie aparatów radiowych produkują odbiorniki różnych typów, z różną ilością lamp albo tranzystorów, dostosowanych do zasilania z baterii i akumulatora lub — z jednej tylko odpowiedniej baterii (odbiorniki tranzystorowe) albo z sieci energetycznej.



Rozpatrzmy te odbiorniki pod względem ich zasilania energią elektryczną. Pamiętajcie! Nic w „naturze" nie ma za darmo. Chcesz mieć silny odbiór? Musisz dostarczyć do odbiornika — odpowiednią, dużą energię elektryczną z jakiegoś „źródła".

a. Odbiorniki sieciowe

Odbiorniki zasilane prądem z sieci oświetleniowej (tzw. **„sieciowe"**) mogą być dostosowane do **prądu zmiennego lub stałego**, albo do obu prądów razem. Te ostatnie nazywają się popularnie **uniwersalnymi**.

Obecnie taki „uniwersalny" sposób zasilania odbiorników radiowych (i telewizyjnych) jest coraz popularniejszy. Tego typu odbiorniki nie mają transformatora sieciowego obniżającego napięcie żarzenia do potrzebnej wysokości (np. 6,3 V), ani do jego podwyższania dla uzyskania wyższych niż w sieci elektrycznej napięć tzw. „anodowych". W takich odbiornikach lampy elektronowe mają włókna połączone **w szereg** i zasilane są bezpośrednio prądem stałym lub zmiennym z sieci, w przeciwieństwie do odbiorników zasilanych **tylko prądem zmiennym** z sieci poprzez transformator. W tych ostatnich włókna wszystkich lamp połączone są **równolegle** i zasilane prądem o obniżonym napięciu.

Łatwiejsza, prostsza konstrukcja układu, mniejszy ciężar i wymiary odbiornika „uniwersalnego", mniejszy jego koszt, równoważą niewygodę i większe trudności występujące przy jego naprawie.

Na czym ta trudność polega? — zapytał ciekawy Wojtuś.

Widzisz Wojtusiu — odpowiedział pan profesor. — Przy równoległym połączeniu włókien lamp uszkodzenie jednej z takich lamp odbiornika (spalenie jej włókna) lub umyślne wyjęcie podczas ustalania uszkodzenia przy naprawie odbiornika nie powoduje wygaszenia innych lamp, znajdujących się w tym odbiorniku. Wyłączona jest tylko ta jedna lampa, inne się żarzą, a „przy pracy" pozostałych obwodów w aparacie łatwiej jest ustalić miejsce i przyczynę uszkodzenia.

Przy szeregowym połączeniu włókien lamp, w takim przypadku gasną w „całej gałązi" wszystkie lampy co utrudnia odszukanie miejsca i przyczyny uszkodzenia aparatu.

W poprzednim przypadku, przy równoległym zasilaniu włókien lamp, od razu np. można zauważyć, która lampa nie pracuje (nie żarzy się i jest zimna), natomiast przy szeregowym zasilaniu — nie wiadomo, która lampa w obwodzie nie pracuje (wszystkie nie żarzą się i są zimne); trzeba je dopiero zbadać i w ten sposób odszukać lampę uszkodzoną.

Niemniej jednak korzyści natury ekonomicznej i eksploatacyjnej ze stosowania szeregowego sposobu zasilania włókien lamp są tak duże, że coraz częściej spotyka się odbiorniki radiowe (i telewizyjne) bez transformatorów sieciowych.

Pamiętajcie, że odbiornik radiowy, posiadający transformator sieciowy, może być zasilany **tylko prądem zmiennym; nie wolno go włą-**

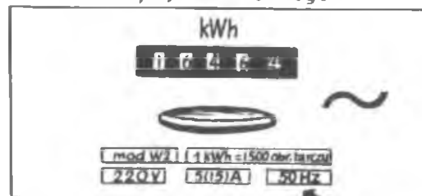
czać do instalacji prądu stałego, gdyż się spali uzwojenie transformatora.

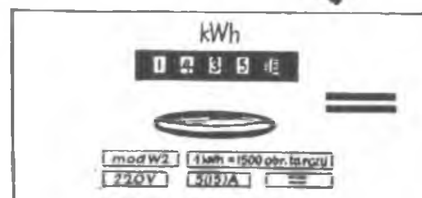
Nasuwa się pytanie; jaki odbiornik jest lepszy?

Trudno jest na to pytanie odpowiedzieć.

Pożądane jest, aby odbiornik był możliwie najwyższej klasy (superheterodyna). Wybór typu zależy od wymagań i możliwości finansowych radiosłuchacza. Kto korzysta w swym mieszkaniu ze światła elektrycznego, ten bezwzględnie powinien nabyć odpowiedni odbiornik sieciowy. Gdy elektrownia dostarcza prądu zmiennego, wówczas odbiornik powinien być dostosowany do zasilania albo tylko prądem zmiennym, albo powinien być typu „uniwersalnego". Gdy elektrownia dostarcza prądu stałego, odbiornik powinien być „uniwersalny", tj. dostosowany do zasilania prądem stałym lub zmiennym.

licznik prądu zmiennego



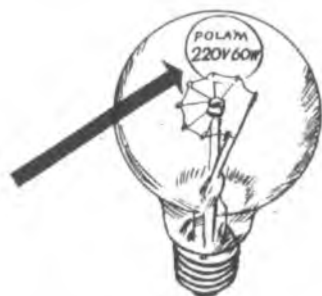


licznik prądu stałego

Rodzaj prądu (stały lub zmienny) wytwarzanego przez miejscową elektrownię **określa tabliczka** znamionowa umieszczona **na liczniku**.

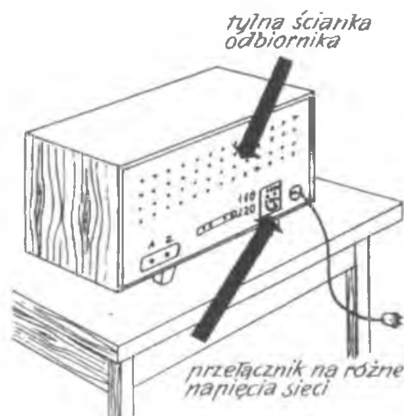
Zamieszczony rysunek przedstawia tabliczki znajdujące się na licznikach prądu stałego i zmiennego — z odpowiednimi napisami i oznaczeniami.

Z takiej tabliczki, oprócz **rodzaju prądu**, można również dowiedzieć się, jaka jest **wysokość napięcia** w sieci oświetleniowej. Gdzie nie ma liczników, **wysokość napięcia** określa napis umieszczony **na każdej żarówce oświetleniowej.**



Odbiorniki sieciowe są dostosowane do różnych wysokości napięć zasilających. Należy przeto **przed pierwszym włączeniem odbiornika**

tylna ścianka odbiornika



przełącznik na różne napięcia sieci

do sieci sprawdzić, czy jest on przełączony na napięcie odpowiadające napięciu sieci.

Przełączanie zasilania odbiornika na żądane napięcie odbywa się przeważnie przez obracanie odpowiednią manetką lub przez przestawianie specjalnych zacisków (ewentualnie wtyczek) w miejsce oznaczone liczbą, która zgodna jest z wysokością napięcia w naszej sieci oświetleniowej. Przełączanie to dokonywane jest na płytce umieszczonej zwykle z tyłu aparatu.

Wtyczkę sznura zasilającego odbiornik **prądem** zmiennym wkłada się **dowolnie** do gniazdka wtykowego tej sieci.

W przypadku gdy odpowiedni odbiornik ma być zasilany **z instalacji prądu stałego**, wówczas należy uważać, aby wtyczka sieciowa „sznura" tego odbiornika należycie była włożona do gniazdka wtykowego (tzw. popularnie — „kontaktu").

Instalacja prądu stałego ma określone bieguny napięcia i dlatego jeden jej przewód jest zawsze pod ujemnym, a drugi — pod dodatnim potencjałem elektrycznym. Wtyczka „sznura" zasilającego prądem stałym odbiornik powinna mieć oznaczenia „plus" („+") oraz „minus" („—") przy odpowiednich swoich bolcach.

Wtyczkę tę należy włożyć do gniazda sieciowego w ten sposób, aby jej bolec „plusowy" włączony był do „plusowego" bieguna sieci, a „minusowy" — do „minusowego" jej bieguna.

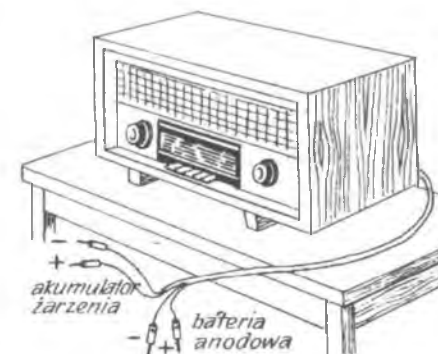
Odwrotne włączenie odbiornika do sieci prądu stałego nie pozwala na jego uruchomienie.

Odbiornik sieciowy jest wygodniejszy w użyciu niż bateryjny, gdyż odpadają kłopoty związane z okresową wymianą baterii anodowej (i ewentualnie — baterii żarzenia) lub z ładowaniem akumulatorów.

b. Odbiorniki bateryjne

Jeżeli w mieszkaniu nie ma elektrycznej sieci oświetleniowej, należy wówczas używać odbiornika zasilanego prądem z baterii anodowej i akumulatora (lub baterii żarzenia).

Tranzystorowe odbiorniki (np. „turystyczne") są zasilane tylko jedną baterią o napięciu 6—12 V.



Każdy odbiornik „bateryjny" powinien być ekonomiczny pod względem zużycia baterii. Nowoczesne odbiorniki bateryjne przy małym zużyciu baterii zapewniają długi, dostatecznie silny i czysty odbiór wielu stacji.

c. Inne uwagi o odbiornikach radiowych

Jeżeli aparat radiowy przeznaczony jest do silnego odbioru nie tylko stacji lokalnej, lecz i innych, powinien mieć co najmniej 3 lampy lub kilka tranzystorów (6—9). Kto chce więc czysto i silnie odbierać wiele stacji, ten powinien nabyć odbiornik mający kilka lamp elektronowych lub kilka tranzystorów i kilka (rezonansowych) obwodów strojonych. Przy kupnie odbiornika należy zapytać się sprzedawcy, ile od-

biornik ma lamp lub tranzystorów i obwodów strojonych.

Musicie wiedzieć, że gdy odbiornik ma tylko jeden obwód strojony, to selektywność i „czułość" jego jest bardzo mała.

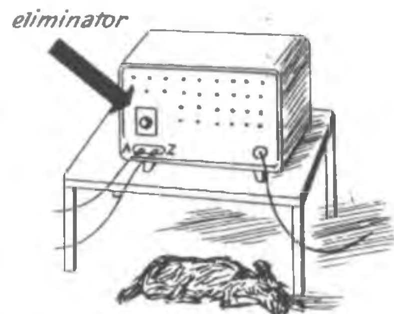
Każdy obwód strojony można by porównać z sitem, do którego jakoby wrzucono wszystkie fale radiofonicznych stacji nadawczych.



Do pierwszego sita (obwodu strojonego) dochodzą wszystkie fale przedstawione na rysunku; po przesianiu tylko niektóre z nich mogą przedostać się do drugiego sita (następnego obwodu strojonego). Z kolei drugie sito (obwód) przepuszcza tylko fale zbliżone najbardziej do fali pożądanej. Wreszcie trzecie sito (obwód) umożliwia dokładne oddzielenie pozostałych fal od tej, na którą jest nastawiony odbiornik.

Odbiorniki jednoobwodowe lub nawet dwuobwodowe (a więc z „przesiewaniem" jedno- lub dwukrotnym) mają zwykle wbudowany do wnętrza skrzynki dodatkowy obwód, składający się z cewki i kondensatora (mówiłem już Wam o nim), który można dostroić **na stałe** do długości fali stacji przeszkadzającej i usunąć wpływ jej na odbiór fal innych stacji.

jednoobwodowy odbiornik z eliminatorem



Obwód taki nazywa się **eliminatorem,** gdyż usuwa zakłócenia w audycjach odbieranych z różnych stacji radiofonicznych ze strony stacji lokalnej (najczęściej), do której to fali został on dostrojony.

Eliminator, jak już Wam mówiłem, działa inaczej niż normalny obwód strojony odbiornika. Wszystkie „fale z anteny" przedostają się do eliminatora. Eliminator ten (sito) przepuszcza wszystkie fale, z wyjątkiem tylko jednej, to jest tej, do której został on dostrojony (np. Łódź).

Przez eliminator zatem przedostaną się wszystkie fale, z wyjątkiem silnej fali Łodzi, która właśnie w tym przypadku zakłóca czysty odbiór innych fal. Fale te z kolei dostają się do „strojonego" obwodu rezonansowego odbiornika. Widzimy zatem, że eliminator nie powiększa selektywności odbiornika, lecz tylko „usuwa" falę stacji najsilniej prze-



szkadzającej przy odbiorze innych stacji. Najczęściej jest to fala stacji lokalnej.

W naszym wyjaśnianiu mówimy, że „fale" przechodzą przez obwód lub „sito". Mówiąc „fale" upraszczamy wyjaśnienia, gdyż to nie fale „przechodzą", lecz różne prądy w. cz., powstałe w antenie w wyniku oddziaływania różnej długości fal nośnych rozmaitych nadawczych stacji radiofonicznych.

Często pokrętło eliminatora znajduje się od strony tylnej ściany odbiornika. Gdy zachodzi potrzeba stłumienia fali stacji przeszkadzającej przy odbiorze innych, należy po nastawieniu odbiornika na falę **dowolnej stacji** obracać powoli gałką eliminatora do chwili, aż zakłócenia znikną i audycja żądanej stacji wystąpi czysto. **Od tej chwili eliminator jest dobrze dostrojony i nie należy nim obracać.**

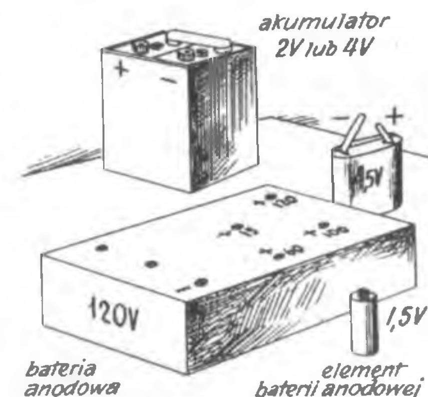
Warto zauważyć, że przy stosowaniu eliminatora odbiór stacji przeszkadzającej (np. Łodzi) uzyskiwać się będzie również na właściwym miejscu skali, lecz siła odbioru będzie nieco mniejsza.

Odbiorniki mające kilka obwodów strojonych (np. superheterodyny) przeważnie nie mają eliminatora, gdyż selektywność ich jest tak duża, że audycje z różnych stacji otrzymuje się silnie i czysto, bez zakłóceń ze strony stacji lokalnej.

8. Konserwacja i obsługa baterii oraz akumulatorów

Odróżniamy **baterie suche i mokre oraz akumulatory.** Pierwsze z nich (chociaż dają się łatwo przenosić i przewozić) mają tę zasadniczą wadę, że po wyczerpaniu się niezdatne są do dalszego użytku. Akumulatory natomiast, gdy zapas ładunku elektrycznego będzie w nich wyczerpany, można ponownie ładować.

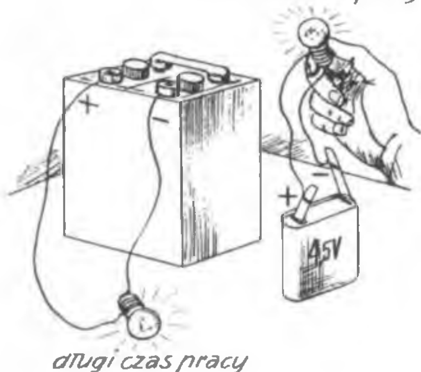
Do zasilania każdego lampowego odbiornika bateryjnego potrzebne są dwie baterie: „żarzeniowa" (lub akumulator) i „anodowa", które zasadniczo różnią się między sobą wysokościami napięć. Napięcie akumulatora lub baterii „żarzeniowej"



wynosi zwykle 1,5; 2 lub 4 V (zależnie od typu lamp stosowanych w odbiorniku), zaś baterii anodowej — 100, 120 lub 150 V.

Żarówka do płaskiej latarki kieszonkowej, przyłączona do akumulatora (bat. żarz.) o napięciu 4 V, daje silne światło.

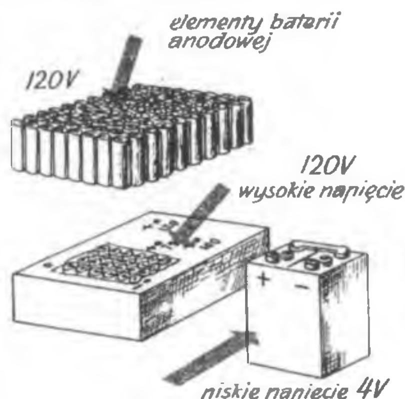
Ta sama żarówka połączona z płaską baterią do latarki kieszonkowej (która składa się z trzech małych elementów po 1,5 V) o napięciu 4,5 V (3 × 1,5 V = 4,5 V) — będzie również świecić jasno.



Różnica polega na tym, że żarówka zasilana z dużej baterii (lub akumulatora) świecić się będzie znacznie dłużej niż zasilana z małej baterii (która ma małe elementy)..

Mówimy więc, że akumulator ma większą **pojemność elektryczną** niż bateryjka do latarki kieszonkowej.

Każda bateria anodowa składa się z wielu elementów podobnych do tych, jakie są w baterii do latarek kieszonkowych. Duża ilość bateryjek kieszonkowych połączonych **szeregowo** ze sobą (**plus jednej łączy się z minusem drugiej**) daje większe napięcie, tym wyższe, im więcej ich użyjemy, lecz nie przedłuża czasu zdolności ich do pracy.



Pojemność elektryczna całej w ten sposób wykonanej baterii anodowej jest taka sama, jak dla jednej bateryjki kieszonkowej, napięcie zaś tej baterii równa się sumie napięć poszczególnych bateryjek kieszonkowych.

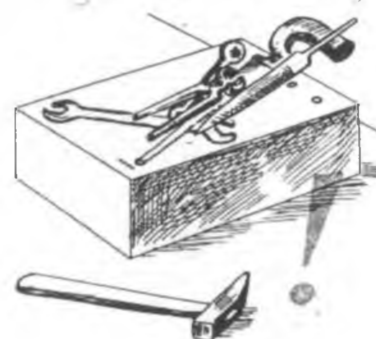
Połączenie takie, przypominam, nazywamy **szeregowym.**

Gdy bieguny (krótka blaszka „+" i długa blaszka „—") płaskiej baterii do latarki kieszonkowej, przypadkowo bądź przez nieświadomość



osób nieobeznanych, zetkną się na pewien czas, wówczas bateria wyładuje się (wyczerpie się) i będzie niezdatna do użytku. Przy umyślnym lub przypadkowym złączeniu obu biegunów baterii (lub akumulatora) jakimś dowolnym metalem powstaje zwarcie elektryczne, które ją wyczerpuje.

Zwieranie, jak to się mówi „na krótko", biegunów baterii lub akumulatora niszczy je doszczętnie w krótkim czasie. Iskry występujące często przy zwieraniu zacisków lub gniazdek baterii albo akumulatora dają może ładny efekt wzrokowy, lecz dużo kosztują.



Z tych względów **nie wolno kłaść** na baterii anodowej (ani żadnej innej) **przedmiotów metalowych**, które przez zetknięcie się z metalowymi gniazdkami baterii mogą spowodować zwarcie. To samo stosuje się i do akumulatorów.

Bateria anodowa ma duże napięcie. Dotykając rękami obu biegunów (krańcowych gniazdek) baterii anodowej można doznać silnego, szkodliwego dla zdrowia wstrząsu fizjologicznego (porażenia prądem).



Bateria anodowa (podobnie jak i każda inna) psuje się pod wpływem wilgoci, należy więc przechowywać ją tylko w miejscach suchych. Jeżeli bateria znajduje się w miejscu wilgotnym (np. w kuchni), to trzeba umieścić ją najlepiej w „plastykowym", zamykanym pudełku, które zabezpieczy przed szkodliwym działaniem pary wydzielanej podczas gotowania.

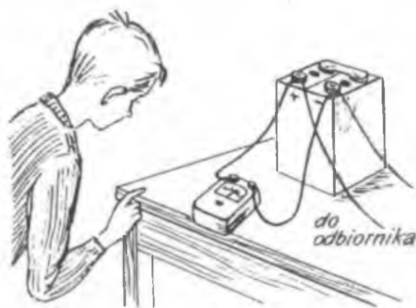


Kto żarzy lampy w odbiorniku prądem z akumulatora, ten powinien postarać się o **woltomierz kie-**

szonkowy, mający zakres od 0 do 8 V, dostosowany do pomiaru **napięcia stałego.**

Gdy **podczas pracy** odbiornika woltomierz wskazuje **mniej niż dwa wolty na jednym ogniwie akumulatora ołowiowego**, czyli przy akumulatorze 4-woltowym (dwa ogniwa ołowiowe) — mniej niż 4 V, należy akumulator odłączyć od aparatu i oddać natychmiast do ładowania.

O jej! Napięcie tylko 3,8V! Akumulator należy oddać do ładowania



Co pewien czas należy również kontrolować poziom kwasu w akumulatorze. W każdym ogniwie **poziom kwasu powinien być wyższy o 1 cm od górnych krawędzi płyt.** Jeżeli poziom kwasu jest niedostateczny, to należy dolać do każdego ogniwa **wody destylowanej.** „Kwas akumulatorowy" w akumulatorach ołowiowych jest roztworem chemicznie czystego kwasu siarkowego w wodzie destylowanej. Wodę destylowaną można nabyć w aptece lub drogerii.

W celu zbadania stanu naładowania lub wyładowania akumulatora, najlepiej stosować specjalny przyrząd, tzw. kwasomierz. Na podstawie wskazań małego pływaka, umieszczonego wewnątrz kwasomierza, można ustalić, kiedy akumulator jest już wyczerpany i ma być oddany do ładowania.



Kto w mieszkaniu swoim ma przypadkowo oświetlenie elektryczne z instalacji prądu stałego, ten może sam naładować akumulator. Należy jednak przed tym zbadać, które z dwu gniazdek „kontaktu ściennego" połączone jest z biegunem dodatnim (+), a które z ujemnym (—) tej sieci.



Określenie biegunów instalacji **prądu stałego** jest bardzo łatwe. Można np. podwójną wtyczkę od sznura elektrycznej lampy stołowej włożyć do kontaktu ściennego w ten sposób, aby była ona połączona tylko z jednym jego gniazdkiem. Do drugiego, wolnego gniazdka tego kontaktu, wkładamy następnie kawałek izolowanego miedzianego drutu, obnażonego na końcach z izolacji.

Nie wetknięty do gniazdka drugi bolec wtyczki musi być również połączony z kawałkiem podobnego drutu. Wolne, odizolowane końce obu drutów należy wetknąć do połówki przekrajanego surowego kartofla i przekręcić wyłącznik w lampie (zapalić lampę). Po chwili na powierzchni kartofla, dokoła tego drutu, który jest połączony z **dodatnim** biegunem sieci, utworzy się **niebieska plama.**



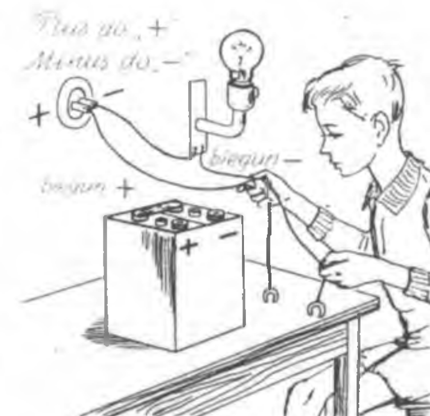
Drugi drut połączony jest wówczas z ujemnym biegunem sieci.

Zamiast kartofla do określenia biegunów w instalacji prądu stałego użyć można szklanki z osoloną lub zakwaszoną wodą. Po zanurzeniu drutów w takiej wodzie na jednym z nich ukaże się **duża ilość pęcherzyków gazu**. Będzie to biegun **ujemny.**

Drugi drut będzie więc biegunem dodatnim.



Przy włączaniu akumulatora do ładowania należy pamiętać, że dodatni biegun sieci musi być połączony z „plusem", ujemny zaś — z „minusem" akumulatora. Jeżeli połączenia będą odwrotne, to akumulator w krótkim czasie ulegnie zepsuciu.



Poza tym do ładowania akumulatora bezpośrednio z instalacji elektrycznej prądu stałego koniecz-

nie trzeba stosować odpowiednią żarówkę włączoną z nim **w szereg**. Jeżeli żarówka będzie za „silna" (za duża moc w watach), to wówczas przepływać będzie przez nią i przez akumulator za duży prąd; może on uszkodzić akumulator.



Aby przekonać się, czy dana żarówka nadaje się do ładowania naszego akumulatora, należy wykonać proste obliczenie. W instrukcjach umieszczonych na akumulatorze podana jest zwykle wartość dopuszczalnego prądu ładowania i wyładowania oraz jego pojemność elektryczna w amperogodzinach. Przypuśćmy, że maksymalny prąd ładowania = 1 A. Stosując do ładowania żarówkę, np. 60-watową przy napięciu sieci np. 110 V, można obliczyć **wartość prądu ładującego, dzieląc ilość watów pobieranych z sieci przez napięcie tej sieci**, czyli w naszym przypadku:

Sieć elektryczna 110V

60 watów

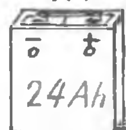


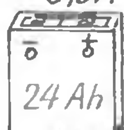
100 watów

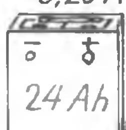


$$I = \frac{P}{U} = \frac{60\ \mathrm{W}}{110\ \mathrm{V}} = \text{około } 0{,}5\ \mathrm{A}$$

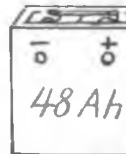
czas ładowania:	24 godz	48 godz	96 godz
prąd ładowania:	1 A	0,5 A	0,25 A

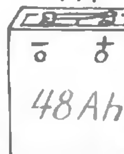


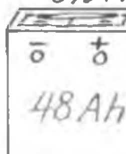




czas ładowania:	24 godz	48 godz	96 godz
prąd ładowania:	2 A	1 A	0,5 A







Jak widzimy, wartość prądu ładującego dla podanego w przykładzie akumulatora jest mniejsza niż 1 A. Akumulator ten będzie ładować się prądem 0,5 A wolniej niż prądem o natężeniu 1 A.

Mały prąd ładujący wpływa **dodatnio** na trwałość akumulatora, lecz za to ładowanie jego trwa dłużej.

Jeżeli akumulator ma pojemność np. 18 amperogodzin, a największy dopuszczalny „prąd wyładowania" wynosi 1 A, to znaczy, że z akumulatora można czerpać prąd o natężeniu 1 A przez 18 godzin lub prąd 0,5 A przez 36 godzin, albo prąd dowolny, który otrzyma się dzieląc liczbę amperogodzin akumulatora w stanie naładowanym przez wartość natężenia prądu pobieranego.

Stosując w naszym przykładzie żarówkę 100-watową, można otrzymać prąd ładowania równy około 1 A. Wymieniona żarówka będzie odpowiedniejsza od poprzedniej, jeżeli zależy nam na krótszym czasie ładowania.

Sieć elektryczna 220V

60 watów



100 watów



W podobny sposób można obliczyć moc (w watach) żarówki potrzebnej do ładowania akumulatora z 220-woltowej sieci prądu stałego. Naturalnie, w tym obliczeniu nie uwzględnia się oporności elektrycznej, jaką stawia akumulator dla przepływu prądu, gdyż jest ona bardzo mała w porównaniu z opornością włókna żarówki.

Przyłączane żarówki powinny być dostosowane do takiego napięcia, jakie ma instalacja elektryczna, z której ładuje się akumulator.

Ładowanie przeprowadzone w ten sposób (przez zastosowanie specjalnej żarówki połączonej w szereg z akumulatorem), jest mało ekonomiczne, gdyż zużywa się bezużytecznie sporo energii elektrycznej na świecenie tej żarówki.

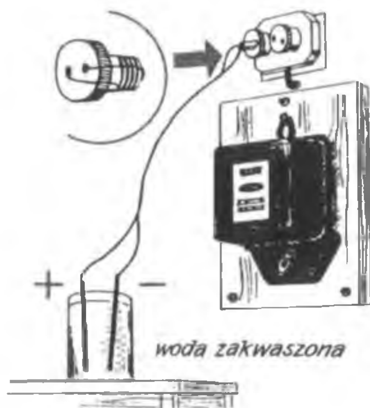
Najekonomiczniej jest ładować w ten sposób akumulator wieczorem, wykorzystując świecenie żarówki do oświetlenia pokoju.

Akumulator elektryczny, włączony bezpośrednio do instalacji oświetleniowej prądu stałego, bez przyłączonej w szereg z nim odpowiedniej żarówki — wywoła zwarcie. Poza tym bardzo silny prąd płynący wówczas przez akumulator niszczy go natychmiast.

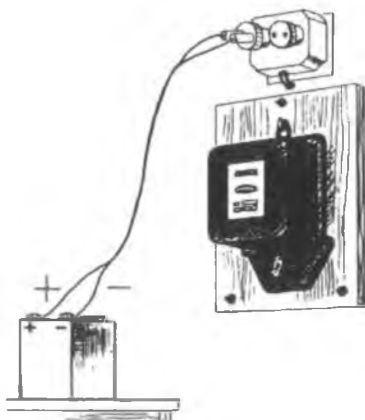
Zamieszczony rysunek dodatkowo wyjaśnia, w jaki sposób można łatwo i bardzo tanio samemu ładować w mieszkaniu akumulatory z instalacji prądu stałego.

W tym celu należy przygotować „korek" (bezpiecznik), który będzie miał dwa gniazdka lub możność przyłączenia drutów w ten sposób, że jeden z nich elektrycznie połączony będzie (po wkręceniu „korka" w jedno z gniazdek bezpiecznikowych przy liczniku elektrycznym), z metalowym gwintem oprawki, drugi zaś — ze śrubą, znajdującą się

wewnątrz niej. Po ustaleniu biegunów drutów przyłączonych do bezpiecznika łączymy odpowiednio końce ich z akumulatorem i ładujemy



go wykorzystując prąd płynący przez żarówki, grzejniki itp., włączone w tym czasie w mieszkaniu.



Koszty ładowania akumulatora będą w tym przypadku minimalne, gdyż prąd płynący w całej instalacji elektrycznej wykorzystuje się również i do innych celów.

Podczas tak przeprowadzanego ładowania akumulatora może zdarzyć się, jeżeli wszystkie lampy, grzejniki itp. są uruchomione w mieszkaniu, że prąd ładujący będzie za duży



Na podstawie prostego obliczenia można określić, które z tych przyrządów i lamp powinny być włączone podczas ładowania akumulatora, aby wartość natężenia prądu była odpowiednia. Przy uruchomieniu całej przedstawionej na rysunku instalacji elektrycznej prąd ładujący wynosi około 5 amperów przy napięciu sieci 220 woltów.

Tak duży prąd ładujący (w przypadku stosowania akumulatora o maksymalnym prądzie ładowania np. 1 A) zniszczy całkowicie akumulator.

Należy przeto uważać, aby przez włączanie dodatkowych urządzeń elektrycznych, choćby na chwilę, nie powiększać prądu ładującego poza przepisową wartość, podaną w instrukcjach akumulatora.

W czasie ładowania należy za pomocą „kwasomierza" kontrolować gęstość kwasu i stopień naładowania akumulatora.

Silne wydzielanie gazów z akumulatora oznacza **ukończony przebieg ładowania.**

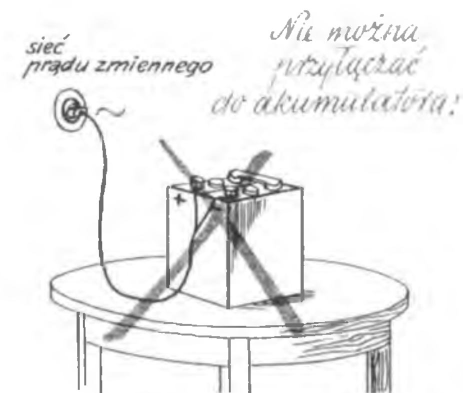


Każdy akumulator ołowiowy (mający płyty ołowiane zanurzone w roztworze kwasu siarkowego) ma dwa rodzaje płyt: „dodatnie" i „ujemne". W każdym ogniwie akumulatora **płyt dodatnich** jest zawsze **o jedną mniej niż ujemnych.**

Płyty dodatnie naładowanego akumulatora mają zawsze kolor ciemnoczekoladowy (prawie czarny), zaś płyty ujemne — szarosrebrny. W akumulatorach wyładowanych płyty dodatnie nabierają barwy jasnoczekoladowej, a ujemne — ciemnoszarej.

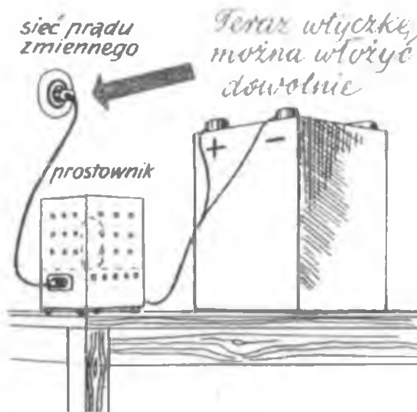
Oprócz akumulatorów ołowiowych, w których poza specjalnie wykonanymi płytami z ołowiu znajduje się tzw. „elektrolit", składający się z wodnego roztworu kwasu siarkowego o odpowiedniej „gęstości", są jeszcze i inne akumulatory, oparte na innych użytych metalach i związkach chemicznych. Najpopularniejszymi z nich są akumulatory **żelazoniklowe**, które z jednego ogniwa podczas pracy dają napięcie 1,2 V. Akumulatory te nazywają się również **„zasadowymi"**, gdyż elektrolitem w nich jest wodny roztwór wodorotlenku potasu (ługu potasowego) o odpowiedniej gęstości. Mają one przy małych swoich wymiarach duże pojemności elektryczne, są bardzo wytrzymałe na przeciążenia i na bardzo krótkotrwałe zwarcia.

Gdy sieć oświetleniowa dostarcza **prądu zmiennego**, ładowanie akumulatora możliwe jest tylko przy użyciu **specjalnego prostownika.** Włączenie akumulatora bezpośrednio (lub przez żarówkę) do sieci prądu zmiennego **zniszczy go** natychmiast.



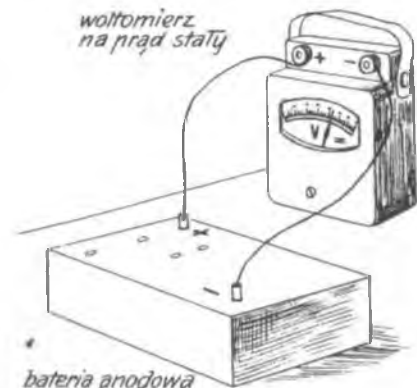
Każdy prostownik posiada dwie pary gniazdek i dwa sznury. Jeden z nich, zaopatrzony w oznaczenia „+" i „—", należy odpowiednio („+" do „+"; „—" do „—") połączyć z akumulatorem, drugi zaś — z gniazdkiem wtykowym instalacji energetycznej prądu zmiennego.

Wytwórnie produkują dwojakiego rodzaju prostowniki: lampowe i „suche", składające się z miedziowych, selenowych, germanowych lub innych elementów prostowniczych.



Często powodem słabego odbioru może być stary i zużyty akumulator lub bateria elektryczna. Okres trwałości akumulatora jest ograniczony. Przy umiejętnej obsłudze akumulatora można korzystać z niego około 5 lat. Akumulatory zaniedbane pracują znacznie krócej.

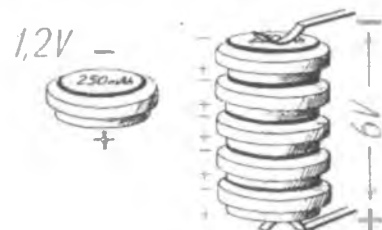
Bateria anodowa także nie jest wieczna. Gdy napięcie jej, skontrolowane woltomierzem na prąd stały, spadnie do 60% początkowej wysokości napięcia, to należy ją wymienić na nową.



Zamieszczony rysunek przedstawia odbiornik bateryjny zainstalowany w pomieszczeniu z instalacją elektryczną prądu zmiennego. Odbiornik taki może być zasilany tzw. „zasilaczem anodowym" zamiast baterią anodową. Zasilacz anodowy składa się najczęściej z transformatora sieciowego podwyższającego napięcie, prostownika zamieniającego prąd zmienny na prąd „stały-pulsujący" i filtru wyrównującego szkodliwe pulsowanie wyprostowanego napięcia, składającego się z odpowiednio połączonych dławika lub opornika i dużych kondensatorów (najczęściej elektrolitycznych).

Kto ma w swoim mieszkaniu elektryczną instalację oświetleniową, ten od razu powinien nabyć odbiornik sieciowy, aby uniezależnić się od akumulatora i baterii lub aparatów zasilających. W takim przypadku uruchomienie odbiornika ogranicza się do połączenia sznura, zakończonego podwójną wtyczką, z gniazdkiem sieciowym i przekręcenia odpowiedniego wyłącznika w aparacie.

W przypadku użytkowania odbiornika tranzystorowego można, zamiast odpowiedniej suchej baterii elektrycznej (np. o napięciu 6 V), stosować baterię złożoną z odpowiedniej liczby specjalnych, pastylkowych „kadmowo-niklowych" elementów akumulatorowych (np. typu



KN-1). Takie pastylkowe elementy dają napięcie po około 1,2 V każdy i mają pojemność po 250 mAh $\left(\frac{250}{1000}\text{ amperogodziny}\right)$. Dla uzyskania baterii 6 V łączy się „w szereg" pięć takich elementów (uzyskujemy wówczas nieco mniej niż 6 V), umieszczonych w odpowiedniej obudowie, która konstrukcyjnie pasuje do miejsca i układu w odbiorniku.

Baterię taką można ładować w nocy, użytkować — w dzień. Do ładowania stosuje się odpowiedni mały prostownik z diodami krystalicznymi.

9. Elektryczna sieć oświetleniowa

Kto do zasilania odbiornika, ładowania akumulatorów itp. korzysta z prądu dostarczanego przez elektryczną sieć oświetleniową, ten powinien wiedzieć, że ma do czynienia z wysokim napięciem, które przedstawia poważne niebezpieczeństwo przy nieumiejętnym lub nieprawidłowym obchodzeniu się z instalacją elektryczną.



Dotykając rękami równocześnie obu „biegunów" w gnieździe ściennym lub dwu „gołych" drutów elektrycznych możemy doznać porażenia prądem elektrycznym.

Przy porażeniu zdarzają się nawet wypadki śmiertelne.

Często również dotykanie jednego tylko bieguna gniazda ściennego lub jednego z odizolowanych przewodów sieciowych może spowodować



także porażenie prądem, zwłaszcza gdy dotykający ma wilgotne obuwie lub stoi boso na wilgotnej lub kamiennej podłodze.



Jeżeli izolacja przewodów jest uszkodzona, wskutek czego goły drut dotyka metalowej części przy-

rządu elektrycznego (np. pralki, lodówki lub podstawy lampy biurkowej), to i w takim przypadku może nastąpić porażenie prądem, przy dotknięciu ręką tego przyrządu.



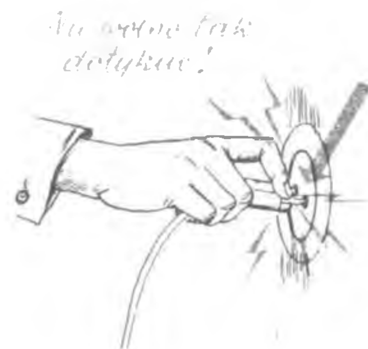
Bardzo niebezpieczne dla znajdującego się w wannie bywa włączanie przez niego bądź wyłączanie światła elektrycznego w łazience. W starych domach spotyka się jeszcze czasem wyłączniki i gniazdka wtykowe w łazienkach; kąpiący się może doznać wówczas śmiertelnego wstrząsu.

Z tego też powodu w nowoczesnych domach **wszystkie wyłączniki i gniazda wtykowe znajdują się poza łazienką — od strony zewnętrznej,** obok drzwi.

Sznury elektryczne przy lampach bądź innych przyrządach elektrycznych muszą być co pewien czas dokładnie kontrolowane. W przypadku nadłamania się sznura lub uszkodzenia izolacji zawsze grozi niebezpieczeństwo porażenia prądem. Poza tym, przy zetknięciu się obu odizolowanych przewodów następuje zwarcie, które może uszkodzić instalację elektryczną i spowodować pożar w mieszkaniu.



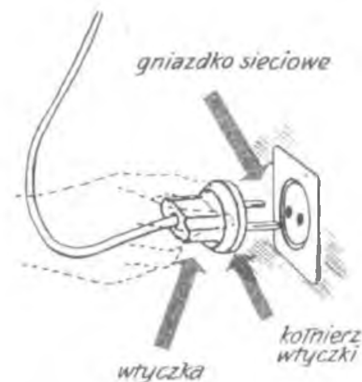
Przy włączaniu do gniazda ściennego sznura od lampy, odbiornika radiowego lub innego przyrządu elektrycznego wtyczkę sznura należy ująć w taki sposób, aby palce nie dotykały jej bolców, a więc nie tak, jak to przedstawia rysunek.



W sprzedaży znajdują się gniazda ścienne zaopatrzone w specjalny wykrój. Przy użyciu również odpowiedniej wtyczki (okrągłej z „kołnierzem") dotknięcie ręką części metalowych jest prawie niemożliwe.

Zwarcie elektryczne można również spowodować przez nierozsądne

połączenie obu biegunów gniazda ściennego jakimś drutem odizolowa-



nym na końcach. W takim przypadku nastąpi przepalenie się bezpieczników w gnieździe lub przepalenie



się bezpieczników głównych, a jeżeli i te bezpieczniki zawiodą, nastąpi rozżarzenie się włączonego drutu albo nawet całej instalacji elektrycznej, co oczywiście może wywołać pożar.

Przepalony bezpiecznik powinien być zastąpiony nowym. Reperacja bezpieczników przez okręcenie ich drutem jest **niedopuszczalna**.

Jeżeli w jakimkolwiek przyrządzie elektrycznym (np. w odbiorniku radiowym, lampie itp.) trzeba coś poprawić, to przedtem bezwzględnie należy go odłączyć od instalacji elektrycznej, aby zabezpieczyć się przed pożarem bądź spowodowaniem zwarcia w instalacji albo przed porażeniem prądem.



Kto ma w mieszkaniu oświetlenie elektryczne, ten powinien pamiętać o trzech najważniejszych rzeczach:

1. Pilnować, aby bezpieczniki były zawsze w porządku.
2. Nie dotykać nigdy gołych drutów i części metalowych, które łączą się w jakikolwiek sposób z instalacją elektryczną.
3. Przyrząd, który ma być naprawiany, należy przed naprawą wyłączyć z sieci.

10. Dalsze uwagi dla radiosłuchaczy

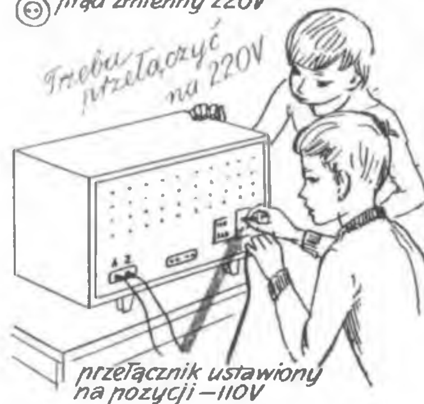
Może się zdarzyć, że ktoś z radiosłuchaczy przeprowadza się do mieszkania, w którym nie ma oświetlenia elektrycznego. Nie może on

korzystać wówczas z odbiornika zasilanego z instalacji oświetleniowej. W takim przypadku, jeżeli założenie elektrycznej instalacji oświetleniowej w nowym mieszkaniu jest niemożliwe, pozostaje jedna rada — zamienić odbiornik „sieciowy" na „bateryjny" lub wykonać specjalny **„wibrator"**. Wibrator jest to przyrząd, który włącza się między akumulator i odbiornik. **Zamienia** on **prąd stały**, otrzymywany z akumulatora, **na prąd zmienny** o odpowiednio wysokim napięciu, którym już można zasilać aparat sieciowy. Z powodu stosunkowo dużego poboru prądu z akumulatora (przy stosowaniu wibratora) musi on stale być podładowywany, przeto sposób ten dla domowego użytku jest bardzo niewygodny.

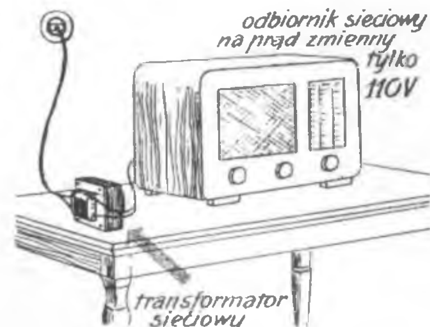


Każdy odbiornik musi być przystosowany do napięcia w sieci oświetleniowej. Jeżeli napięcie sieci wynosi 220 V, a odbiornik pracował dotychczas na napięciu 110 woltów, należy go dostosować do nowych warunków pracy, tj. do 220 V.

Wszystkie odbiorniki o nowoczesnej konstrukcji na prąd zmienny, stały i „uniwersalne" mają, jak Wam już mówiłem, przełącznik napięciowy, umieszczony na tylnej stronie aparatu bądź wewnątrz skrzyni.



Przełączenie odbiornika na wartość napięcia sieci zasilającej odbywa się najczęściej za pomocą obrócenia specjalnego pokrętła, włożenia odpowiedniej wtyczki lub wkręcenia małej śrubki do otworu, oznaczonego odpowiednim napisem na płytce znajdującej się w tylnej ściance skrzynki odbiornika.



Odbiorniki starszych typów **na prąd zmienny** nie mają wymienionych przełączników napięciowych. Przystosowanie odbiornika do wartości napięcia w sieci umożliwia w takim przypadku tzw. specjalny **transformator** lub **autotransformator** włączony między gniazdko sieciowe i odbiornik.

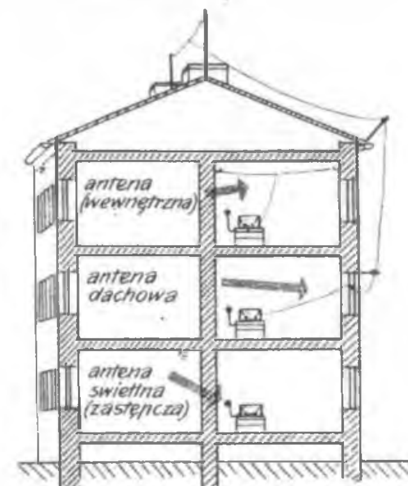
Zdarza się również, co Wam już mówiłem, że odbiornik bateryjny może być zasilany z sieci oświetleniowej za pomocą tzw. prostownika anodowego, zastępującego baterię anodową i zamieniającego prąd zmienny z sieci na stały o odpowiednio wysokim napięciu. Żarzenie lamp odbiornika odbywa się wówczas przez zasilanie z akumulatora.



W każdej sieci oświetleniowej powstają prądy zakłócające, wywołane iskrzeniem różnych aparatów elektrycznych, np. dzwonków, aparatów do elektryzacji, masażu itp., a także na skutek słabego styku między wtyczką od sznura sieciowego a gniazdkiem ściennym. Prądy te łatwo przedostają się do odbiornika radiowego („sieciowego") przez przewody elektrycznej instalacji oświetleniowej lub przez antenę, na którą oddziałuje zakłócające pole elektromagnetyczne, wywołane tymi prądami. W wyniku tego powstają, jak mówimy, „zakłócenia przemysłowe" w odbiorze radiowym.

Chociaż antena nie jest bezpośrednio połączona z siecią elektryczną, może mieć duży wpływ na czystość odbioru.

Przypominam, że najczystszy, bez zakłóceń i najsilniejszy odbiór można otrzymać tylko przy stosowaniu dobrze izolowanej od otoczenia i **wysoko zawieszonej** anteny zewnętrznej (dachowej).



Antena pokojowa (wewnętrzna) daje zawsze odbiór znacznie słabszy i silnie zakłócany.

Najgorszy odbiór pod względem siły i czystości daje tzw. „antena świetlna".

Do zwalczania zakłóceń przemysłowych przy zasilaniu odbiorników prądem z sieci oświetleniowej służą specjalnie **filtry sieciowe**. Filtry te włącza się zwykle **między gniazdo sieci elektrycznej a odbiornik** (możliwie blisko tego ostatniego).

Kto stosuje „filtr sieciowy" do usunięcia prądów zakłócających przy odbiornikach zasilanych z sieci,



a nie mających takiego filtru wbudowanego już do ich wnętrza, ten do odbioru nie powinien używać „anteny świetlnej". Kondensator anteny świetlnej ułatwia bowiem przedostawanie się prądów zakłócających z sieci do aparatu radiowego przez jego obwody „wejściowe", wskutek czego występują silne za-



bo tu jest „filtr przeciwzakłóceniowy"

kłócenia w odbiorze. Powstrzymane przez filtr prądy zakłócające nie przedostają się wówczas do odbiornika za pośrednictwem sznura zasilającego, lecz obierają sobie inną drogę — poprzez antenę świetlną.

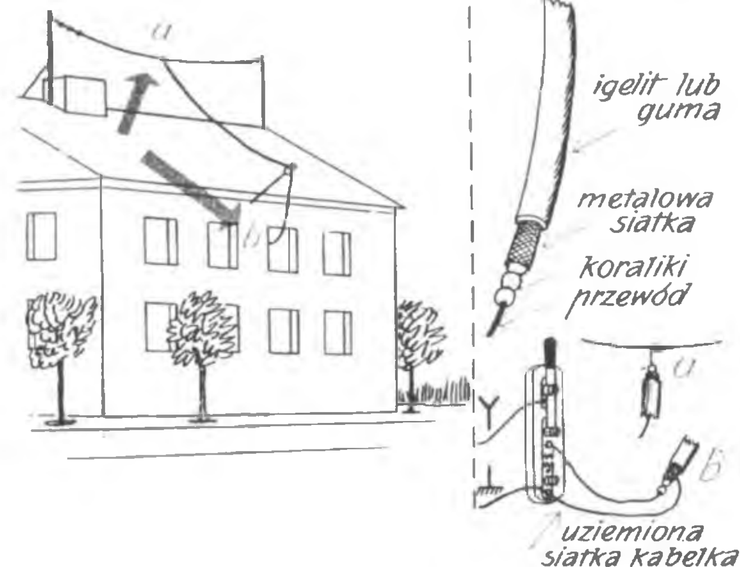
Najskuteczniej zwalcza zakłócenia przemysłowe — **filtr**, włączony bezpośrednio **między przyrząd wytwarzający prądy zakłócające** i sieć elektryczną. Filtr taki powinien być włączony w przyrządzie **przy samym źródle**, wytwarzającym iskrzenia.

Dzięki włączonemu w taki sposób filtrowi, prądy zakłócające nie będą przedostawały się do sieci energetycznej ani wytwarzały elektromagnetycznego pola zakłócającego, w wyniku czego w najbliższej okolicy odbiór radiowy będzie czysty, nieskażony zakłóceniami. Niezależnie jednak od tego filtru, pożądane jest włączenie **drugiego filtru** między odbiornik i sieć, aby prądy zakłócające wytwarzane przez inne, nie zabezpieczone filtrami aparaty elektryczne, nie zakłócały odbioru radiowego.

Czasami radiosłuchacze stosują włączanie „filtrów przeciwzakłóceniowych" do sieci elektrycznej na ścianie w mieszkaniu. Skuteczność takiego włączenia jest jednak znacznie mniejsza niż włączenia przy samym odbiorniku.

Może się zdarzyć, że prądy zakłócają audycje odtwarzane przez aparat radiowy zasilany prądem stałym z sieci oświetleniowej. Charakterystyczne „buczenie" powstaje wskutek prądów „pasożytniczych", wytwarzanych przez zaniedbane prądnice elektrowni lokalnej. W takim przypadku również należy włączyć między gniazdo sieciowe a odbiornik specjalny filtr, który usunie te zakłócenia.

Prądy zakłócające wywołują również powstawanie szkodliwego pola



elektromagnetycznego w przestrzeni otaczającej przewody elektryczne. Pole to oddziałuje na antenę odbiorczą, a szczególnie na jej „doprowadzenie".

Zawieszony wysoko nad budynkami poziomy promień anteny jest mniej narażony na oddziaływanie tego pola niż doprowadzenie anteny, które zwykle przebiega w otoczeniu budynków mających przewody instalacji elektrycznych.

Zmniejszenie oddziaływania tego pola na antenę uzyskać można przez odpowiednie „ekranowanie" doprowadzenia antenowego.

Ekranowanie to osiąga się przez wykonanie doprowadzenia nie ze zwykłej linki lub drutu, lecz ze specjalnego, małopojemnościowego kabelka. Ma on w środku jedną żyłę metalową, na której znajdują się koraliki ze specjalnej ceramiki, na nich zaś metalowa siatka i na wierzchu — specjalna powłoka z igelitu.

Znajdujący się wewnątrz kabelka przewód łączy się z jednej strony z poziomym promieniem anteny, z drugiej zaś — z zaciskiem przełącznika antenowego. Jest to przewód doprowadzenia antenowego.

Siatka znajdująca się na koralikach powinna być uziemiona przy przełączniku antenowym, przez co tworzy się uziemiony ekran, nie dopuszczający zakłócających fal elektromagnetycznych do przewodu doprowadzenia.

Jest przy tym ważne, **aby metalowy ekran nie dotykał nigdzie do przewodu doprowadzenia** (wewnętrznej żyły kabelka), gdyż wówczas antena będzie uziemiona.

11. Kilka uwag o akustyce i głośniku

Wybór odpowiedniego miejsca do ustawienia głośnika ma bardzo duże

znaczenie dla dobrego brzmienia i wyrazistości odbieranej audycji. Ponieważ prawie każdy nowoczesny odbiornik jest zmontowany w jednej skrzynce wraz z głośnikiem lub głośnikami, przeto należy go ustawić w pokoju w takim miejscu, aby fale głosowe wypełniały jak największą przestrzeń, a przy tym i dostęp do aparatu był łatwy.

Jak widać z zamieszczonego rysunku, w tym przypadku fale dźwiękowe są skierowane z boku na przeciwległą ścianę. Dźwięki mowy i muzyki mogą tracić na wyrazistości skutkiem tzw. „pogłosu" pokoju. Osoby znajdujące się w pokoju często z trudem mogą rozróżnić słowa odtwarzane przez głośnik.



Jeżeli odbiornik z głośnikiem lub sam głośnik zainstalowany jest w bardzo długiej sali, oprócz „pogłosu" zależnego od właściwości pomieszczenia powstawać mogą również i „echa" niszczące wyrazistość odtwarzanych dźwięków i uniemożliwiające słuchanie audycji.

Panie Profesorze — wtrącił Wojtuś. — A czym różni się „echo" od „pogłosu".

— Widzicie moi Drodzy. Echo słyszeliście z pewnością będąc np. w górach lub na łące przed ścianą lasu, na placach w śródmieściu (podczas tzw. „megafonizacji", czyli udźwiękowiania) oraz w innych różnych okolicznościach. Dźwięk wydany przez Was biegnie w powietrzu, natrafia na „ścianę" z góry, gęstwiny lasu, muru itp., odbija się i wraca z powrotem do Was po pewnym czasie. Ponieważ dźwięki rozchodzą się w powietrzu z prędkością około 330 metrów na sekundę, to echo, czyli powtórzony dźwięk, powraca do Was po upływie takiego czasu, jaki musi upłynąć na przebycie przez niego drogi „tam i z powrotem", od miejsca, gdzie stoicie, do przeszkody, od której się odbija.

Echo może być kilkakrotne, lecz siła każdego następnego, powtórzonego dźwięku jest mniejsza; energia powietrznej fali dźwiękowej (akustycznej) zmniejsza się szybko w miarę całkowitej przebytej drogi i odbić od przeszkód. Echa mogą również powstawać w zamkniętej przestrzeni, jeżeli jest ona dość długa (np. bardzo długi korytarz zamknięty na końcu, studnia itp.).



Pogłos może występować nie tylko w dużych, lecz i małych pomieszczeniach, jeżeli są one słabo „wytłumione", np. dywanami, storami, meblami, itp. rzeczami, pochłaniającymi fale dźwiękowe. Najsilniejszy pogłos występuje w dużych i w wysokich salach oraz pustych pokojach. Charakteryzuje się on tym, że np. dźwięk wydany przez Was nie niknie od razu w momencie jego przerwania (co ma miejsce w silnie wytłumionym pomieszczeniu lub na otwartej przestrzeni, np. na polu), lecz trwa nadal przez ułamek sekundy lub nawet parę sekund, słabnąc aż do całkowitego zaniku. Szczególnie silny i długi pogłos spotyka się w kościołach.

W mieszkaniu, jeżeli jest ono bardzo słabo wytłumione, długi czas trwania pogłosu będzie „rozmazywać" audycję odtwarzaną z głośnika, utrudniając jej zrozumiałość i wyrazistość. Bardzo mały czas pogłosu, rzędu dziesiętnych części sekundy, polepsza natomiast jakość odtwarzanej audycji, szczególnie muzycznej, przez uzyskiwanie złudzenia jakby dużej przestrzeni, w której odbywa się audycja.

Myślę, że tłumaczenie to Wam wystarczy, a teraz ponownie wracam do sposobu ustawiania odbiornika w pokoju.



Odtwarzana przez głośnik audycja zyska na brzmieniu i wyrazistości w pokoju, gdy odbiornik w tym przypadku umieszczony będzie w jego rogu, a fale głosowe będą skierowane na słuchaczy. Takie ustawienie odbiornika w tym pokoju jest najlepsze.

Bardzo dobre brzmienie audycji można osiągnąć również przez ustawienie głośnika lub odbiornika pośrodku krótszej ściany pokoju.



Gdy głośnik lub odbiornik jest umieszczony za nisko, wówczas fale dźwiękowe tylko częściowo dochodzą do uszu słuchaczy. Jeżeli odbiornik ma wbudowany głośnik, należy umieścić go na takiej wysokości, aby dostęp do pokręteł strojeniowych był łatwy.

Dużą pełnię i skalę dźwięków daje osobny głośnik umocowany na odpowiednio dużym ekranie z grubej sklejki (dykty) i umieszczony na szafce lub półce. Ulokowanie głośnika na półce możliwe jest jednak tylko wtedy, gdy odbiornik znajduje się w oddzielnej skrzynce.

Dźwięki audycji doskonale wypełniają całą przestrzeń, gdy taki głośnik z ekranem będzie umieszczony w górnym narożu pokoju. Nale-

ży przy tym zwrócić specjalną uwagę na pochyłe zawieszenie głośnika.



Jeszcze lepsze pod względem „plastyczności" odtwarzanie audycji, szczególnie muzycznych, uzyskuje się wówczas, gdy stosuje się nie jeden głośnik lecz dwa, umieszczone w dwu narożach pokoju. Można również stosować i dwa odpowiednio wykonane zestawy głośników (np. szafy głośnikowe), rozstawione



w dwu narożach pokoju. Stosuje się to szczególnie w przypadku odtwarzania **stereofonicznych nagrań** z płyt gramofonowych lub taśmy magnetofonowej.

Aby fale dźwiękowe mogły oddać pełną skalę dźwięków od najniższych do najwyższych, należy odbiorniki lub głośniki odpowiednio ustawić przy ścianie.

Odbiorników nie dosuwa się do ściany ze względu na konieczność odprowadzania ciepła wytwarzającego się wewnątrz skrzynki poprzez perforowaną jej tylną ściankę.

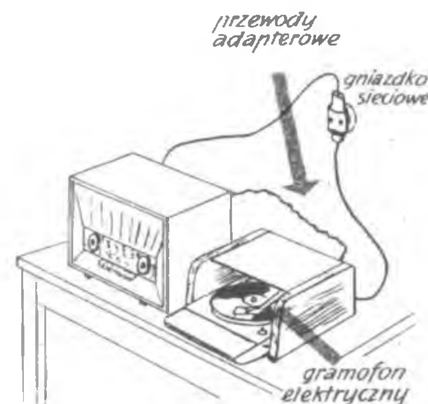


Tony wysokie i średnie wybiegają z głośnika na wprost, mniej więcej wzdłuż jego osi, natomiast tony niskie (basy) uginają się do tyłu skrzynki.

Długość i jakość przewodów łączących odbiornik z głośnikiem może mieć również wpływ na wierność odtwarzanych audycji. Krótkie i dobrze izolowane przewody są bez porównania korzystniejsze niż długie. Należy więc starać się w ten sposób przeprowadzać przewody, aby były one możliwie najkrótsze. Przewody te powinny być również dobrze izolowane, aby uniknąć przypadkowych zwarć między nimi, które spowodować mogą uszkodzenia odbiornika oraz przerwę w audycji. Zawieszanie tych przewodów blisko i równolegle do przewodów instalacji elektrycznej może spowodować występowanie „buczenia" w audycjach odtwarzanych przez głośnik.

12. Elektryczne odtwarzanie nagrań z płyt gramofonowych

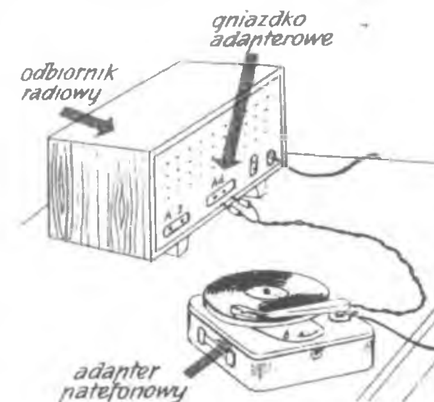
Płyta gramofonowa nadaje się do odtwarzania nagranego na niej utworu za pomocą odpowiedniego gramofonu oraz wzmacniacza małej częstotliwości i głośnika lub odbiornika lampowego. Do odtwarzania nagrań z płyt gramofonowych przez wzmacniacz m. cz. i głośnik lub przez odbiornik radiowy potrzebny jest — poza urządzeniem silnikowym gramofonu — również i tzw. **adapter elektryczny.**



Adapter elektryczny ma podwójny sznur, zakończony wtyczkami.

Dwa gniazdka oznaczone przez *Gr*, *Ad*, *PU* ewent. *Ta*, znajdujące się w tylnej ściance odbiornika, służą do włączenia wtyczek sznura adaptera elektrycznego.

Adapter taki często można umocować na ramieniu każdego gramofonu (obojętnie jakiego — napędzanego silnikiem elektrycznym lub mechanicznie).

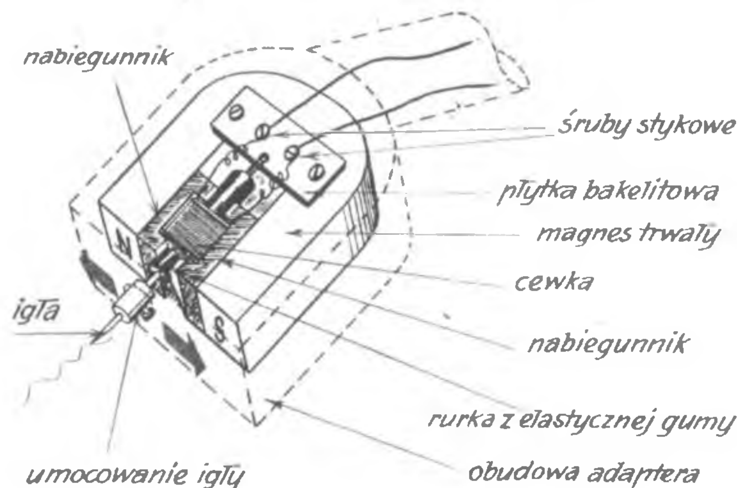


W sprzedaży często znajdują się różne adaptery wraz z prowadnicami (ramionami), które można łatwo przymocować do skrzynki gramofonu. Można również nabyć samą **główkę adapterową.**

Panie Profesorze. A jakie są adaptery, jak one są wykonane i jak działają? — przerwał Wojtuś.

— **Adaptery** są tzw. **elektromagnetyczne i krystaliczne.**

Adaptery elektromagnetyczne zawierają mały, silny podkowiasty magnes trwały, między nabiegunnikami którego, w szczelinie, jest umocowana (wahliwie) kotwiczka żelazna. Kotwiczka ta może drgać w wąskiej szczelinie między nabiegunnikami magnesów. Jeden koniec tej kotwiczki ma gniazdko ze śrubką, w które wkłada się igłę gramofonową, a na drugim — lub w środku kotwiczki, w specjalnie wykonanym wgłębieniu między nabiegunnikami, nałożona jest nieruchoma cewka z wielką ilością zwojów nawiniętych cieniutkim drutem. Od końcówek

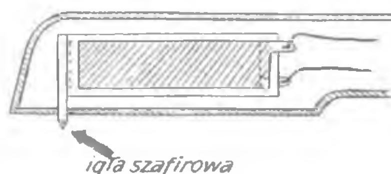


tej cewki odchodzą dwa przewody z adaptera do wzmacniacza m. cz.

Gdy igła adaptera, ślizgając się w rowku obracającej się płyty gramofonowej, drga również kotwiczka znajdująca się w cewce między nabiegunnikami magnesów wykonuje takie same drgania. Wskutek tych drgań żelazna kotwiczka „przecina" linie magnetyczne nabiegunników magnesu, przez co powstaje w niej zmieniający się w takt częstotliwości drgań strumień magnetyczny.

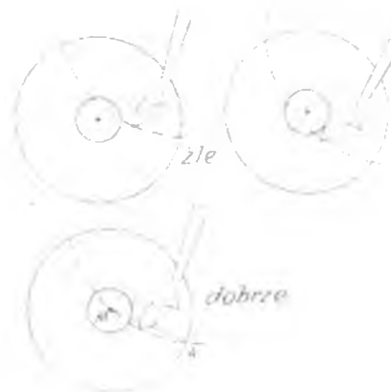
Jak wiemy, zmienny strumień magnetyczny wywołuje powstawanie tzw. SEM (siły elektromotorycznej) na końcówkach cewki. Ta siła elektromotoryczna zmieniać się będzie w takt częstotliwości drgań igły, a więc — w takt nagranego utworu na płycie gramofonowej. Otrzymane drgania elektryczne (napięcia m. cz.) są dalej wzmacniane i zasilają głośnik.

Adaptery krystaliczne, zwane również **piezoelektrycznymi**, są dzisiaj szeroko używane. Są one znacznie lżejsze od adapterów elektromagnetycznych i tańsze.



Adapter taki ma wewnątrz swojej obudowy zamiast magnesu trwałego, cewki, kotwiczki drgającej i całej konstrukcji mechanicznej — odpowiednio wyciętą, cienką płytkę z kryształu kwarcu (jest tzw. kryształ piezoelektryczny). Na obu powierzchniach takiej płytki kwarcowej przyklejone są specjalnym klejem cienkie elektrody z metalowej folii, od których odchodzą dwa przewody z adaptera (do wzmacniacza m. cz.). Jeden krótszy bok tej płytki jest trwale zamocowany w obudowie, a w rogu drugiego boku jest przymocowana igła szafirowa. Drgania igły; ślizgającej się w rowku obracającej się płyty gramofonowej, powodują drgania płytki kwarcowej, na której powierzchniach wytwarzają się wówczas ładunki elektryczne. Między metalowymi elektrodami z folii, a więc i końcami połączonych z nimi przewodów, powstają napięcia o częstotliwościach drgań płytki kwarcowej. Płytka ta drga tak jak igła, a więc wytwarzane napięcia elektryczne mają częstotliwości zapisanych na płycie dźwięków. Napięcia te są następnie wzmacniane we wzmacniaczu m. cz. i zasilają głośnik.

Adaptery te są bardzo delikatne w budowie; lekkie uderzenie w ich bok lub o płytę, albo o talerz gramofonu niszczy je natychmiast. Igły szafirowe są znacznie bardziej kruche od igieł stalowych. Po kilkuset przegraniach płyt wymienia się całą główkę adapterową (kwarcową), nasadzając nową na prowadnicę (ramię adaptera).



Myślę, że te wiadomości zaspokoją Waszą ciekawość, a teraz wracam do dalszych uwag.

Musicie wiedzieć również, że od sposobu umocowania prowadnicy adaptera w dużym stopniu zależy wierność i dokładność reprodukowania nagranych na płycie dźwięków.

Prawidłowo umocowany adapter powinien przy odtwarzaniu płyty zakreślić w przybliżeniu łuk *AM*, którego cięciwa jest promieniem talerza gramofonu.



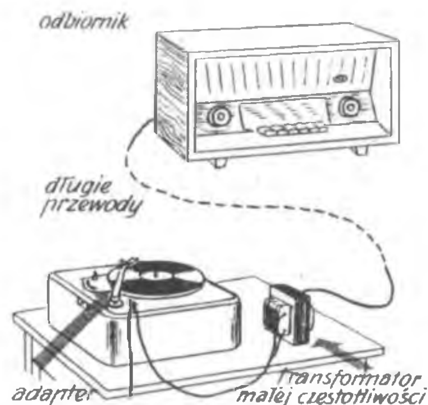
Przesuwając adapter od punktu *A* do punktu *M*, igła zakreślająca łuk powinna natrafić na oś znajdującą się w środku talerza.

Jeżeli w ramieniu adaptera nie ma wbudowanego urządzenia do regulacji „siły głosu", to korzystamy z regulatora znajdującego się w odbiorniku radiowym lub we wzmacniaczu małej częstotliwości.

Za długie przewody łączące odbiornik z adapterem powodują silne zniekształcenia odtwarzanego utworu z płyty gramofonowej, a nawet czasami tzw. „sprężenia" objawiającego się silnym gwizdem, uniemożliwiającym słuchanie utworu. Dlatego przewody te powinny być krótkie.

Wskazane jest również, aby przewody te były ekranowane uziemioną, metalową siatką. Jest to szczególnie ważne przy dłuższych przewodach, łączących adapter z odbiornikiem.

Jeżeli połączenie odbiornika z adapterem krótkimi przewodami z jakichkolwiek względów jest niemożliwe, to w takim przypadku oprócz ekranowania należy jeszcze między odbiornik i adapter włączyć specjalny transformator małej częstotliwości.



Transformator taki powinien być umocowany możliwie blisko adaptera.

Stosowanie transformatora wymaga jednak porady fachowca.

13. Uwagi o eksploatowaniu magnetofonów

Musicie wiedzieć, że na magnetofonie można:

— zapisywać (nagrywać) magnetycznie na „taśmie magnetofonowej" i z niej odtwarzać różnego rodzaju audycje słowne, muzyczne i inne.

— kasować poszczególne fragmenty nagranej (zapisanej) audycji oraz w to miejsce nagrywać inne — dowolnie dobrane;

— wykonywać montaże audycji z kilku nagrań na różnych taśmach oraz wycinając i odpowiednio sklejając poszczególne kawałki taśm magnetofonowych;

— kasować niepotrzebne już nagrania i użytkować ponownie taśmę magnetofonową.



Zapisu magnetycznego dźwięków na taśmie magnetofonowej, jak już Wam mówiłem, dokonuje odpowiednio skonstruowana **głowica nagrywająca.** Tak samo odworzenie nagrania dokonuje się poprzez **głowicę odtwarzającą.** Bardzo często obie te czynności wykonuje jedna i ta sama **głowica nagrywająco-odtwarzająca.** Zbędne nagranie likwiduje się **głowicą kasującą.**

Nagrań można dokonywać:

— przy użyciu mikrofonu,

— z odbiornika radiowego,

— z innego magnetofonu i z gramofonu („kopiowanie" utworów już raz nagranych na taśmie lub płycie).

W większości magnetofonów znajduje się również odpowiedni wzmacniacz m. cz. oraz **głośnik** pozwalający na głośne odtwarzanie nagrań. Często również są odpowiednie gniazdka dla podłączania słuchawek i pokrętło do wyłączania głośnika z pracy.

Oprócz tego często istnieje możliwość przyłączania dodatkowego głośnika oraz odtwarzania przez głośnik odbiornika radiowego.

Ważne jest, aby bieg taśmy po głowicach magnetofonu był absolutnie równomierny, tak podczas zapisu, jak i odtwarzania, w przeciwnym razie odtwarzane dźwięki będą zmieniać swoją wysokość, a często również — będą powstawać „jęczenia" dźwięków.



Nagrania dokonane przy pewnej prędkości przesuwu taśmy po głowicach (np. 19 cm/sek) muszą być odtwarzane przy tej samej prędkości, w przeciwnym razie odtworzenie będzie fałszywe, zmieni się wysokość nagranych dźwięków.

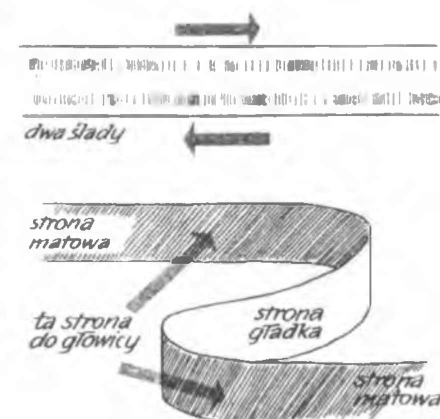
Muzyka „lepiej wychodzi", jeżeli jej zapis i odtwarzanie odbywa się:

— przy większych prędkościach biegu taśmy;

— przy niezbyt wytartych głowicach magnetofonu (przy zużytych głowicach mikroskopijnie wąska szczelina między ich nabiegunnikami poszerza się, wskutek czego gorzej są zapisywane i odtwarzane bardzo wysokie tony);

— przy użyciu dobrej taśmy magnetofonowej, specjalnie przeznaczonej do zapisu nagrań muzycznych.

Nagrania muzyczne, od których nie wymaga się wysokiej jakości, oraz nagrania słowne i inne mogą być zapisywane i odtwarzane na gorszych taśmach magnetofonowych oraz przy mniejszych prędkościach biegu taśmy. Dla przedłużenia czasu



nagrań i wygody w obsłudze (nie potrzeba przekładać krążka taśmy) nowoczesne magnetofony wykonywane są jako tzw. dwuśladowe, przez co zapis magnetyczny może być dokonany raz z jednego boku taśmy przesuwającej się w jedną stronę, a następnie po zmianie kierunku przesuwu dokonanego przez naciśnięcie odpowiedniego klawisza — drugi raz, z drugiego boku tej samej taśmy — w drugą stronę. Odtwarzanie nagrań odbywa się wówczas podobnie, przy tych samych kierunkach przesuwu taśmy. Są również magnetofony, które nagrywają na-

wet czterośladowo i mogą być wykorzystane do nagrań i odtwarzań stereofonicznych (odpowiednio rozstawione dwa mikrofony i dwa głośniki).

Taśma magnetofonowa ma najczęściej jedną stronę matową, a drugą gładką, błyszczącą. Na magnetofon należy ją zakładać w ten sposób, aby jej strona matowa ślizgała się po głowicach i dokładnie do nich przylegała.

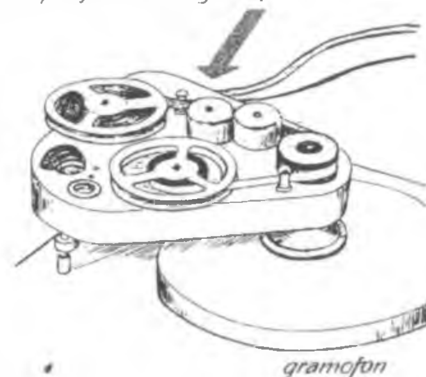
Zerwaną lub odciętą do wykorzystania przy montażu audycji taśmę skleja się w ten sposób, jak pokazano na rysunku.

sklejanie taśmy magnetofonowej „na zakładkę"



I kawałek II kawałek

Dzięki takiemu złączeniu odcinków taśm przy odtwarzaniu nagrania nie występują słyszalne w głośniku



puknięcia. Klej do klejenia taśmy bywa różny, zależnie od materiału tworzywa sztucznego, z jakiego jest ona wykonana (może być np. kwas octowy, cyklohexanon i inny).

Oprócz „normalnych" magnetofonów spotyka się w handlu również tzw. **przystawki magnetofonowe**. Jest to urządzenie zawierające na odpowiedniej podstawie głowice, talerze na taśmę i przełączniki, lecz nie mające silnika dającego napęd talerzom (a tym samym i taśmie), ani wzmacniacza m. cz. i głośnika. Przystawkę taką nakłada się na wierzch gramofonu tak, aby jego obracający się talerz napędzał urządzenia tej przystawki. Naturalnie prędkość biegu taśmy magnetofonowej zależy wówczas od ilości obrotów na minutę i średnicy talerza gramofonu.

Nagranie na taśmie można wówczas odtwarzać poprzez człon wzmacniacza m. cz. w odbiorniku radiowym, łącząc odpowiednie przewody lub gniazdka przystawki magnetofonowej z gniazdkami adaptera (*Ad*), znajdującymi się na tylnej ściance każdego odbiornika lub — poprzez osobny wzmacniacz m. cz. i głośnik.

Nagrywać można również wykorzystując do tego odbiornik radiowy jako wzmacniacz m. cz., jeżeli ma on odpowiednie gniazdka.

Myślę, że te wiadomości wystarczą Wam do prawidłowego użytkowania magnetofonu.

Obecnie pomówimy jeszcze o tzw. zakresach falowych.

14. Podział fal radiofonicznych

Odbiorniki starszych typów i z okresu wojennego są często przystosowane do odbioru audycji tylko na dwóch zakresach — średnim i długofalowym. Do przełączania w nich zakresów falowych służył specjalny **przełącznik falowy**, wykonany w postaci dźwigni lub pokrętła i umieszczony na ściance frontowej lub bocznej odbiornika.

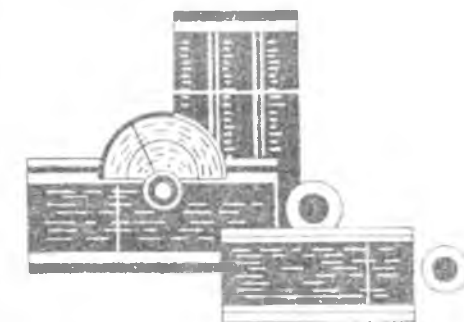
Pokrętne przełączniki falowe są stosowane i dzisiaj w odbiornikach radiowych, chociaż wypierają je coraz częściej modne obecnie, tzw. **klawiszowe przełączniki falowe**. W takim przełączniku każdy klawisz po naciśnięciu włącza do odbioru inny zakres falowy lub przełącza na „adapter" itp., równocześnie kasując poprzednie nastawienie, a także — wyłącza odbiornik spod napięcia. Przełączniki takie włączają więc odpowiednie zespoły cewek w odbiorniku — zależnie od nastawienia na żądany zakres odbieranych fal.

Nowoczesne odbiorniki radiowe są tak skonstruowane, że mogą odbierać cztery zakresy falowe: długi, średni, krótki i ultrakrótki (UKF). Często, zakres fal krótkich (czasami również i średnich) podzielony jest na kilka tzw. „podzakresów", np. zakres 10—60 metrów — na dwa podzakresy: 10—30 m i 30—60 m. Zakresy te i podzakresy uwidocznione są na przełączniku falowym oraz na skali odbiornika.

Każdy podzakres falowy (w metrach, kHz lub MHz) jest „rozciągnięty" na całą skalę odbiornika i tak, jak każdy zakres falowy, zajmuje długość od początku do końca skali.

Dzięki podziałowi zakresu fal krótkich (lub średnich) na kilka podzakresów tworzy się odbiornik jakby 4-5-6 lub więcej zakresowy. Zwiększenie ilości zakresów ma na celu łatwiejsze dostrajanie aparatu do stacji, co jest szczególnie ważne na zakresie fal krótkich.

W celu dostrojenia aparatu do odbioru żądanej fali promieniowanej przez antenę nadawczą stacji radiofonicznej, pracującej w danym zakresie falowym, służy specjalne pokrętło, sprzężone z kondensatorem obrotowym lub częściej z tzw. agregatem kondensatorowym oraz — ze wskazówką na skali aparatu. Obracając tym pokrętłem, poruszamy obrotowymi płytkami (rotorami) wszystkich kondensatorów zmiennych agregatu, które zmieniając swoje „zanurzenie" między nieruchomymi płytkami (statorami) tego agregatu równocześnie zmieniają pojemności elektryczne poszczególnych kondensatorów. W ten sposób można ustawić tak skalę odbiornika, a przez to samo — dobrać takie pojemności kondensatorów, że wraz z cewkami odpowiednich obwodów, tworzącymi obwody strojone, są one w rezonansie z częstotliwością fali nośnej żądanej radiostacji.

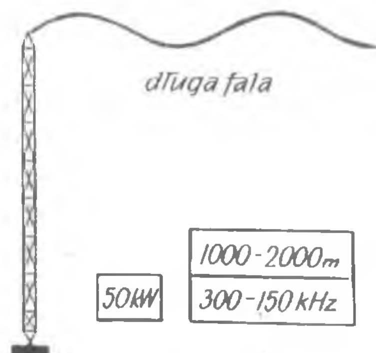


Ponieważ pokrętło, a więc i oś płytek obrotowych agregatu, jest mechanicznie połączona z urządzeniem napędowym skali aparatu radiowego, przeto podczas strojenia porusza się również wskazówka po skali wskazując, do jakiej fali w danym momencie dostrojony jest odbiornik. Jednocześnie wskazówka

pokazuje nazwę odbieranej w danym momencie stacji radiofonicznej.

W nowoczesnych odbiornikach radiowych pokrętło strojeniowe najczęściej porusza po skali — ruchem poziomym pionowo ustawioną wskazówkę. Poza tym, tak jak już powiedziałem, skala może mieć podziałkę w stopniach, w metrach (m), kilohercach (kHz) i megahercach (MHz — fale krótkie i ultrakrótkie). Zwykle również podane są na niej w odpowiednich miejscach nazwy stacji radiofonicznych.

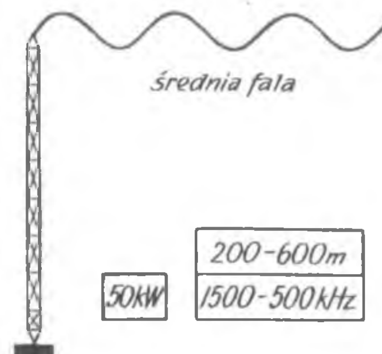
Wiemy z podawanych programów radiowych, że fale stacji nadawczych również podawane są w **metrach** (skrót — m), **kilohercach** (skrót — kHz) oraz **megahercach** (skrót MHz).



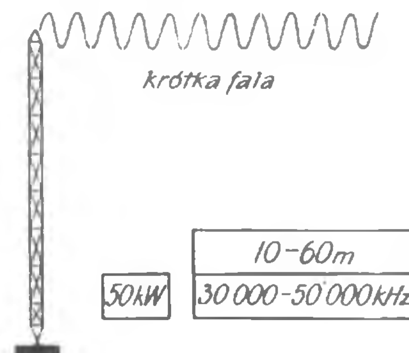
Zakres **długofalowy** obejmuje fale **od około 1000 m do 2000 m**, czyli od około **300 kHz do 150 kHz**. Niezależną od długości fali jest promieniowana moc stacji nadawczej. **Moc stacji określa się w kilowatach** (skrót — kW).

Zakres **średniofalowy** obejmuje fale **od około 200 do 600 m**, czyli **od około 1500 kHz do 500 kHz**.

Jeszcze mniejszą długość mają **fale krótkie — od około 10 m do 50 m**, czyli **od około 30 000 do 6000 kHz**, co odpowiada od około 30 do 6 MHz (megaherców).



Dawniej częstotliwość oznaczano w kc/s lub kc albo okresach na sekundę (okr/sek).



Najmniejszą długość mają **fale ultrakrótkie (UKF)**, które mieszczą się w zakresie **od 10 metrów począwszy w dół**. Mogą to być fale tak zwane „metrowe", „decymetrowe" lub nawet „centymetrowe".

W radiofonii przeważnie stosuje się fale „metrowe" od 10 metrów począwszy, w dół — do paru metrów. **Odpowiada to częstotliwości fal począwszy od 30 MHz — w górę.**

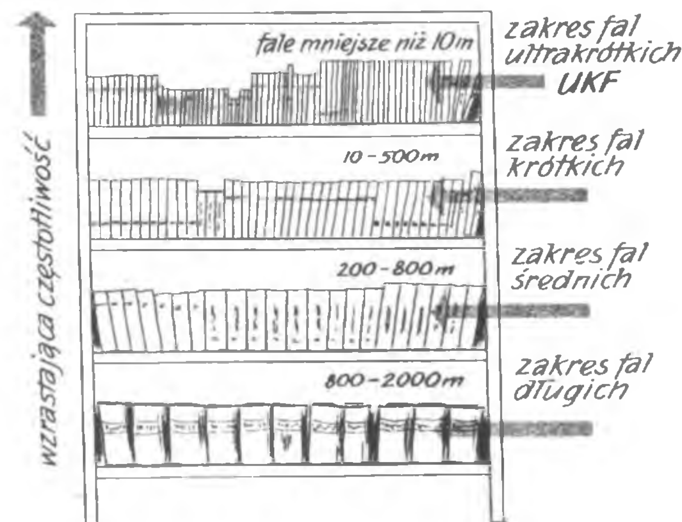
Kto przeglądał wykazy stacji nadawczych lub programy radiowe, ten na pewno szukał jakiegokolwiek związku między liczbami, wyrażającymi długość fali w metrach, a



częstotliwościami w kilohercach. Poza tym sam podział fal na kilka zakresów może nasuwać pewne wątpliwości niejednemu radiosłuchaczowi. Spróbujmy je wyjaśnić.

Jak wiadomo, radiostacje nadawcze promieniują ze swych anten fale elektromagnetyczne, które rozchodzą się we wszystkich kierunkach z prędkością 300 000 km/sek. Każda radiostacja ma w dwojaki sposób określoną falę: w metrach i kilohercach (ewentualnie megahercach dla fal krótkich; 1 MHz = 1000 kHz). Od długości bądź częstotliwości fali wypromieniowanej przez antenę radiostacji zależy, do jakiego zakresu można ją zaliczyć.

Podział fal można porównać z rozmieszczeniem książek na półkach. Najniższą półkę zajmują grube tomy (długie fale), a więc mieści się na niej nieduża ich liczba. Następna półka jest zapełniona tomami znacznie cieńszymi (średnie fale), a więc mieści się ich na półce znacznie więcej niż na półce poprzedniej. Wreszcie trzecią półkę zajmuje bardzo duża ilość cienkich tomów (fale krótkie). Fale ultrakrótkie (UKF) przedstawiono na rysunku jako bardzo wielką liczbę cienkich książeczek. Na tej półce (zakresie) można



przeto umieścić wiele takich książeczek (fal).

Na zamieszczonym wycinku z wykazu stacji widać, że odstępy między sąsiadującymi falami zakresu średniofalowego różnych radiostacji nadawczych są jednakowe i wynoszą przeważnie 9 kHz. Przy określaniu fal w metrach różnice między sąsiadującymi falami są niejednakowe, przez co obliczanie długości fal jest bardziej kłopotliwe.

Jednocześnie przypominam Wam, że zależność między długością fali w metrach a jej częstotliwością w kHz wyraża się wzorem:

$$\text{długość fali w m} = \frac{\text{prędkość światła w km/s}}{\text{częstotliwość w kHz}}$$

czyli:

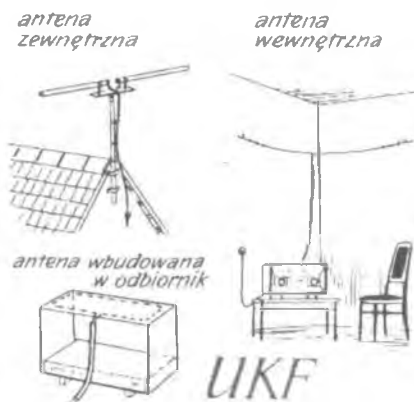
$$\lambda_m = \frac{300\,000}{f_{kHz}} \quad (m)$$

Częstotliwość w kHz	Długość fal w metrach	Nazwa stacji	Nazwa kraju
539	557	Budapeszt	Węgry
548,9	547	Uchta	ZSRR
557,9	539	Kair II	Egipt
155	1935	Brasow	Rumunia
164,9	1829	Allouis	Francja
173,9	1734	Moskwa I	ZSRR
182,9	1648	Reykjawik	Islandia
191,9	1572	Motala	Szwecja
11 900	25,21	Montevideo	Urugwaj
11 905,5	25,20	Czuking	Chiny

Podobnie przedstawia się sprawa w zakresie fal długich i krótkich. Różnice częstotliwości sąsiadujących fal stacji radiofonicznych mogą wahać się od 5 ÷ 15 kHz.

Do odbioru długich fal należałoby stosować antenę dłuższą, natomiast dla fal krótkich — antenę krótszą, a dla fal ultrakrótkich (UKF) — tylko omówiony już dipol ze-





wnętrzny, wewnętrzny lub wbudowany do odbiornika.

Koszt założenia dwóch anten byłby jednak dość duży. Dlatego też ograniczamy się do jednej anteny, która zapewniałaby dobry odbiór na każdym z trzech zakresów falowych. Długość takiej anteny (jej części poziomej) powinna wynosić od 20 do 30 metrów. Wysokość zawieszenia anteny powinna być jak największa.

15. O strojeniu i obsłudze odbiorników

Czysty i o pełnym brzmieniu odbiór audycji można osiągnąć tylko przez dokładne dostrojenie odbiornika do rezonansu z falą stacji nadawczej.

Strojenie odbiornika można by porównać z nastawianiem lornetki.



Prawidłowo nastawiona lornetka daje wyraźny obraz przedmiotu, na który została skierowana.

Zbyt duże rozsunięcie soczewek w lornetce wpływa na zmniejszenie się ostrości obrazu, a nawet może spowodować zupełny jego zanik.

Podobne wyniki daje lornetka za



mało rozsunięta. Między jednym a drugim ustawieniem soczewek w



lornetce musi być zatem taka odległość, przy której obraz jest bardzo wyraźny.



Jeżeli dostrojenie odbiornika do częstotliwości lub długości fali stacji nie będzie dokładne, wówczas część niskich tonów audycji muzycznej zniknie.

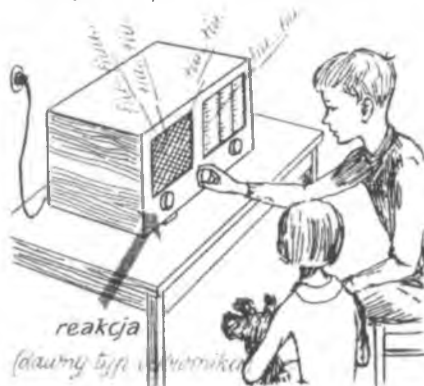
Właściwy sposób dostrajania odbiornika do fali odbieranej stacji radiofonicznej zależy od rodzaju skali. Na skalach, pod nazwami stacji lub obok nich, znajdują się kropki lub długie kreski. W takim przypadku najczystszy i najgłośniejszy odbiór nie zawsze przypada pośrodku kreski.

Przy nastrajaniu odbiornika na odbiór różnych stacji radiofonicznych należy kierować się wrażliwością słuchu, podobnie jak przy nastawianiu lornetki — wrażliwością wzroku.

Nastrajanie odbiornika wysokiej klasy nie wymaga specjalnej umiejętności, gdyż ogranicza się ono jedynie do obracania odpowiednim pokrętłem, a stacje „wypływają" jedna za drugą.

Jeżeli odbiornik superheterodynowy ma wbudowany optyczny wskaźnik dostrojenia, czyli tzw. „magiczne oko", to wówczas strojenie aparatu jest jeszcze łatwiejsze. Dokładne dostrojenie odbiornika do fali żądanej radiostacji zachodzi wtedy, gdy zielone, świecące „listki oka" mają największe rozchylenie, a cień między nimi jest jak najmniejszy. Aparat taki można stroić nawet „na cicho", przy zamkniętej „sile głosu" — obserwując jedynie rozwarcie magicznego oka.

Natomiast prawie wszystkie, znajdujące się jeszcze u radiosłuchaczy odbiorniki starszej konstrukcji, tzw. „reakcyjne", mają „sprzężenie zwrotne" (reakcję), które służy do zwiększenia czułości aparatu. Dostrajanie takiego odbiornika do fali stacji radiofonicznych wymaga pewnej umiejętności. Kto posiada podobny odbiornik, ten wie, że przy nadmier-



nym zastosowaniu „reakcji" powstaje w głośniku silny gwizd, który nie tylko uniemożliwia słuchanie odbie-



ranej audycji, lecz również **przeszkadza sąsiadom**, gdyż odbiornik ten działa wówczas jak mała stacja nadawcza i promieniuje z anteny swoje fale elektromagnetyczne, zakłócające sąsiadom odbiór.

Z tego też powodu reakcją należy posługiwać się bardzo ostrożnie, aby nie zakłócać innym odbioru nieprzyjemnymi gwizdami. Zbyt silna reakcja wpływa również ujemnie na odtwarzanie przez głośnik dźwięków, przez co odbiór staje się mniej wyraźny.

Od siły odtwarzanych przez głośnik dźwięków muzyki lub mowy zależy w dużym stopniu naturalność ich brzmienia. Jeżeli skrzypek będzie np. grał w zamkniętym pomieszczeniu, to słuchacze doznają wówczas wrażenia nienaturalnych dźwięków tych skrzypiec.

Każdy odbiornik ma regulator siły głosu. Gdy pokrętło tego regulatora nastawione będzie na zbyt cichy odbiór, to audycja, zwłaszcza muzyczna, straci na swej naturalności brzmienia.

Nie należy jednak „dawać" **zbyt dużego wzmocnienia** (przez nastawienie regulatorem siły głosu), gdyż może nastąpić wtedy tzw. „przesterowanie" lampy głośnikowej, a w konsekwencji otrzyma się zniekształcenie dźwięków odbieranych audycji.

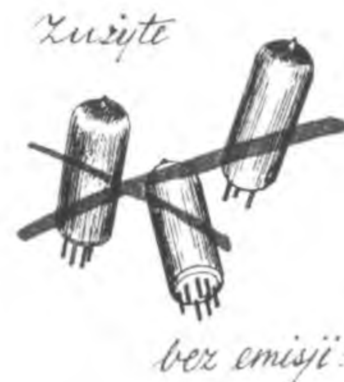
Pamiętać również należy o uszach sąsiadów (!). Kto chce słuchać audycji muzycznych z pełną siłą brzmienia, ten powinien to czynić przy zamkniętych oknach i drzwiach, aby nikomu nie zakłócać spokoju, co jest szczególnie ważne w porze wieczorowej (po godzinie 22).

Kto posiada odbiornik radiowy, ten na pewno zauważył, że po dłuższym okresie jego pracy czystość i siła odbioru znacznie się pogorszyły. Dźwięki mowy i muzyki z biegiem czasu stają się coraz słabsze i chrapliwe.

Przyczyną takich zniekształceń odbioru są najczęściej zużyte lampy. Każda lampa radiowa pracować może dobrze tylko określoną ilość godzin. Traci ona z biegiem czasu pracy tzw. „emisję".

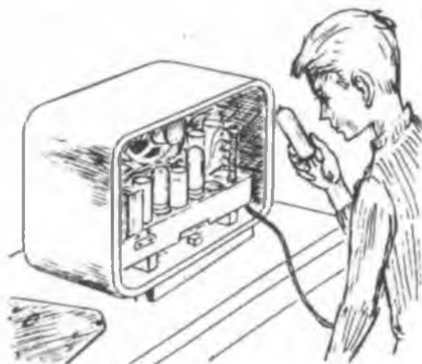


Przeważnie po około 2000 (do 4000) godzinach pracy lampy są już niezdatne do dalszego użytku i trzeba je wymienić na nowe. Zdarza się jednak, że nie wszystkie lampy w odbiorniku zużywają się równocześnie.



Aby upewnić się, które lampy w odbiorniku są już zużyte, należy zbadać je w jakimś warsztacie radiotechnicznym. Każdy warsztat radiotechniczny posiada specjalny aparat do badania stopnia zużycia

lamp (ich „emisji"). Jeżeli badanie wykaże, że nie wszystkie lampy są zużyte, to należy nabyć tylko te, które z powodu zbyt słabej emisji dłużej już pracować normalnie nie mogą.



Podczas badania i przy wymianie lamp w odbiorniku trzeba pamiętać o prawidłowym włożeniu ich w podstawki i na właściwe miejsca. W odbiornikach znajduje się zwykle tabliczka z rozmieszczeniem typów lamp lub odpowiednie napisy na podstawie („chassis") odbiornika, przy każdej podstawce lampowej.

Po wymianie zużytych lamp i uruchomieniu odbiornika dźwięki audycji będą znów głośne i czyste, jak w pierwszych dniach po zainstalowaniu aparatu. Gdyby w krótkim czasie odbiór znów stracił na czystości, to można się domyślać, że powodem tego może być ta lampa, która nie była wymieniona na nową.

Podczas pracy odbiornika, zwłaszcza zasilanego z sieci elektrycznej, lampy rozgrzewają się tak silnie, że nawet parzą przy ich dotknięciu. Najsilniej rozgrzewają się lampy głośnikowe i prostownicze.

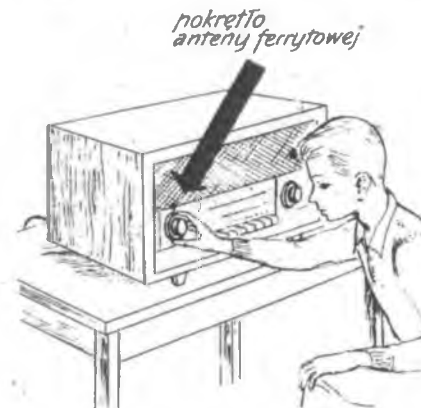
Nie należy jednak się tym przerażać, gdyż odbiorniki są tak wykonane, że wysoka temperatura lamp nie jest dla nich szkodliwa. Jeżeli jednak rozgrzewanie odbiornika jest tak silne, że odczuwa się zapach spalonej gumy, ceraty itp., to trzeba odbiornik oddać do zbadania.



Włączenie anteny do gniazdka uziemienia, a uziemienia do gniazdka anteny w odbiorniku jest dopuszczalne i niekiedy daje lepszy odbiór.



W przypadku odbiornika z anteną ferrytową trzeba pamiętać, że dobry odbiór audycji radiofonicznych ze stacji (szczególnie słabych i bardzo dalekich) jest uzależniony od kierunku ustawienia tej anteny. W dużych odbiornikach z anteną tego typu kierunek ustawienia anteny reguluje się przez obracanie jej specjalnym pokrętłem, kierując się siłą głosu audycji odbieranej radiostacji.



W małych odbiornikach, np. tranzystorowych typu „turystycznego", w których antena ferrytowa wmontowana jest na stale i jej ustawienie nie jest regulowane, najsilniejszy i najczystszy odbiór uzyskuje się



przez odpowiednie ustawienie odbiornika, tj. takie, aby pręt anteny ferrytowej swoją podłużną osią był ustawiony prostopadle do kierunku, w jakim znajduje się żądana radiostacja.

Naturalnie, nie musicie ustawiać odbiornika posługując się mapą i kompasem — wystarczy obracanie nim dookoła jego osi pionowej aż do momentu najsilniejszego i najczystszego odbioru.

Nie woln[illegible]łączać głośnika [illegible]amicznego wraz z tra[illegible]formatorem pod[illegible]s pracy odbiorni[illegible] radiowego !

Kto posiada odbiornik (lub wzmacniacz) zmontowany w skrzynce bez głośnika, a przewody transformatora głośnikowego włączane są na anodę lampy końcowej i „plus" napięcia anodowego, ten powinien uważać, aby przewody te (od **pierwotnego uzwojenia** transformatora głośnikowego) nie były nigdy wyłączane z obwodu podczas pracy aparatu, gdyż może to spowodować zniszczenie lampy głośnikowej lub co najmniej znaczne osłabienie jej zdolności pracy.

Wtyczki sieciowe przy sznurach odbiorników zasilanych prądem zmiennym mogą być dowolnie włączane do gniazda ściennego.

Jeżeli audycja nadawana przez stację lokalną odbierana jest za sil-

nie i ze zniekształceniami, wtedy można przypuszczać, że najprawdopodobniej antena jest za długa.

Uzyskanie dość silnego odbioru audycji nadawanych z odległych stacji o małej mocy wymaga jednak dość długiej anteny, co znów nie jest wskazane ze względu na selektywność odbioru. Należy przeto wynaleźć jakiś sposób, który umożliwiłby łatwe tłumienie zbyt silnych audycji, a jednocześnie nie osłabiał odbioru audycji słabych, pochodzących ze stacji o małej mocy oraz bardzo odległych.

Najodpowiedniejszy do tego celu będzie tzw. **zmienny kondensator** o pojemności około 500 pF, który można nabyć w sklepie z częściami do radioodbiorników.

Ten kondensator należy włączyć między gniazdko antenowe odbiornika i doprowadzenie anteny — w szereg. Przez obracanie pokrętła kondensatora można dowolnie regulować siłę odbieranych audycji. Zastosowanie kondensatora wpływa poza tym często dodatnio na selektywność odbioru.

W każdym aparacie „reakcyjnym" dawnego typu lub konstrukcji amatorskiej selektywność odbioru można powiększyć przez zwiększenie sprzężenia zwrotnego („reakcji"). Ponieważ przy zwiększaniu reakcji czułość odbiornika, a więc i siła odbioru wzrasta, należy przeto równocześnie odpowiednio ustawić nasz przykładowy regulator siły głosu, czyli zmniejszyć pojemność obrotowego kondensatora, włączonego w doprowadzenie antenowe

Przypominam również, że odbiorniki sieciowe, które nie mają filtrów przeciwzakłóceniowych, często dają audycję zagłuszaną silnymi szumami, trzaskami i przerywanym warkotem, pochodzącymi z różnych przyrządów lub maszyn elektrycznych.

Przypominam Wam również, że zakłócające odbiór radiowy prądy „pasożytnicze" powstają wskutek iskrzeń w różnych przyrządach elektrycznych. Mogą być one stłumione za pomocą specjalnych filtrów sieciowych (przeciwzakłóceniowych).

Niezależnie od zastosowania filtru przeciwzakłóceniowego, pożądane jest również wykonanie anteny „ekranowanej" według podanego już Wam opisu.

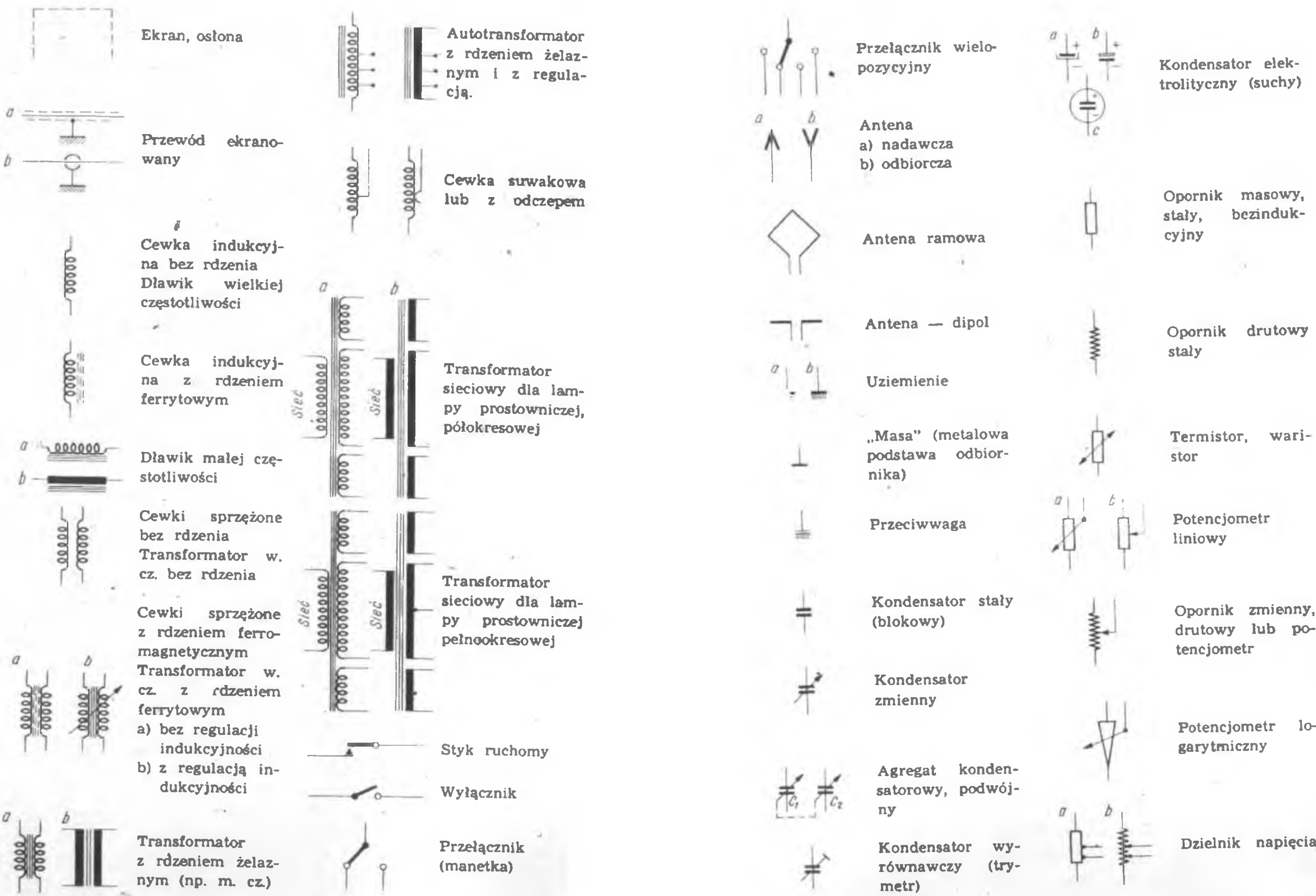
brak zabezpieczenia przeciwzakłóceniowego

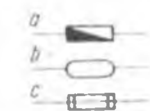
Moi Drodzy. Wiele rzeczy dowiedzieliście się ode mnie z tak ciekawych dziedzin wiedzy, jakimi są elektryczność i radiotechnika. Naturalnie, wiadomości te są bardzo ogólne i pobieżnie potraktowane, lecz mimo to na pewno stanowić będą podstawę do dalszego zainteresowania się radiotechniką dla tych, którzy będą mieli do tego ochotę, a tym, którzy nie będą chcieli zostać w przyszłości radioamatorami, dadzą szerszy pogląd na wszystkie zagadnienia związane z radiem, z jakimi na każdym kroku dzisiaj się spotykamy.

16. Symbole radiotechniczne

W celu ułatwienia Czytelnikom odczytywania rozmaitych schematów radiowych podajemy zestawienie najczęściej używanych symboli różnego sprzętu montażowego, lamp, połączeń itp.

Symbol	Znaczenie
=	Prąd stały
~	Prąd zmienny. Częstotliwość techniczna
≈	Prąd zmienny. Częstotliwość akustyczna (mała)
≋	Prąd zmienny. Wielka częstotliwość
	Krzyżowanie się przewodów bez wzajemnego połączenia
	Krzyżowanie się przewodów ze wzajemnym połączeniem (elektrycznym i mechanicznym)
	Symbol regulacji
	Styk ślizgowy
	Gniazdko wtykowe


Ekran, osłona
a
b
Przewód ekranowany
Cewka indukcyjna bez rdzenia Dławik wielkiej częstotliwości
Cewka indukcyjna z rdzeniem ferrytowym
a
b
Dławik małej częstotliwości
Cewki sprzężone bez rdzenia Transformator w. cz. bez rdzenia
Cewki sprzężone z rdzeniem ferromagnetycznym Transformator w. cz. z rdzeniem ferrytowym
a) bez regulacji indukcyjności
b) z regulacją indukcyjności
a
b
a
b
Transformator z rdzeniem żelaznym (np. m. cz.)
Autotransformator z rdzeniem żelaznym i z regulacją.
Cewka suwakowa lub z odczepem
a
b
Sieć
Sieć
Transformator sieciowy dla lampy prostowniczej, półokresowej
Sieć
Sieć
Transformator sieciowy dla lampy prostowniczej pełnookresowej
Styk ruchomy
Wyłącznik
Przełącznik (manetka)
Przełącznik wielopozycyjny
a
b
Antena
a) nadawcza
b) odbiorcza
Antena ramowa
Antena — dipol
a
b
Uziemienie
„Masa" (metalowa podstawa odbiornika)
Przeciwwaga
Kondensator stały (blokowy)
Kondensator zmienny
C_1
C_2
Agregat kondensatorowy, podwójny
Kondensator wyrównawczy (trymetr)
a
b
c
Kondensator elektrolityczny (suchy)
Opornik masowy, stały, bezindukcyjny
Opornik drutowy stały
Termistor, waristor
a
b
Potencjometr liniowy
Opornik zmienny, drutowy lub potencjometr
Potencjometr logarytmiczny
a
b
Dzielnik napięcia



Bezpiecznik



Ogniwo (np. akumulatora)



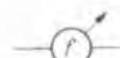
Bateria



Detektor lub prostownik suchy
Dioda germanowa



Galwanometr lub w przypadku umieszczenia wewnątrz kółka litery V — woltomierz albo A — amperomierz (może być również np. mV lub mA)



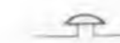
Częstościomierz



Omomierz



Falomierz



Dzwonek



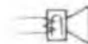
Lampa sygnałowa (żarówka)



Wskaźnik neonowy



Głośnik (symbol ogólny)



Głośnik magnetyczny



Głośnik dynamiczny



Adapter gramofonowy



Mikrofon





Słuchawki



Gniazdo. Oprawka



Gniazdo z piórkami (jednowtykowe)



Przekaźnik



Brzęczyk



Odgromnik



Rurka lub bańka lampy próżniowej



Rurka lub lampa z gazem



Anoda



Siatka



Katoda:
a) bezpośrednio żarzona,
b) pośrednio żarzona.



Katoda komórki fotoelektrycznej



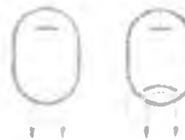
Katoda lampy rtęciowej



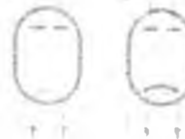
Metalizacja



Lampa z gazem rozrzedzonym



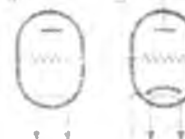
Lampa dwuelektrodowa, prostownicza, półokresowa
Dioda
a) bezpośrednio żarzona
b) pośrednio żarzona



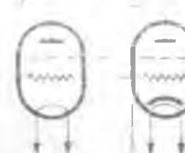
Lampa prostownicza pełnookresowa
Duodioda
a) bezpośrednio żarzona
b) pośrednio żarzona



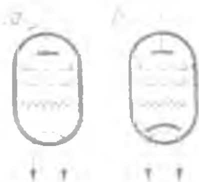
Lampa prostownicza dwukatodowa
Duodioda
— pośrednio żarzona



Lampa trójelektrodowa
Trioda
a) bezpośrednio żarzona
b) pośrednio żarzona



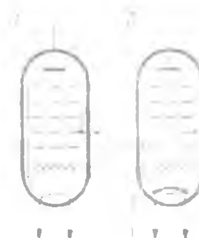
Lampa dwusiatkowa, ekranowa
Tetroda
a) bezpośrednio żarzona
b) pośrednio żarzona



Pentoda wielkiej częstotliwości Pentoda głośnikowa. Pentoda — selektoda
a) bezpośrednio żarzona
b) pośrednio żarzona



Heksoda
Heksoda — selektoda
a) bezpośrednio żarzona
b) pośrednio żarzona



Oktoda
(Lampa „mieszająca" w superheterodynach)
a) bezpośrednio żarzona
b) pośrednio żarzona



Trioda — heksoda (Lampa „mieszająca" w superheterodynach). Pośrednio żarzona



Duodioda — trioda (Lampa podwójna). Pośrednio żarzona



Duodioda — pentoda wielkiej częstotliwości
Duodioda — pentoda małej częstotliwości
(Lampa podwójna). Pośrednio żarzona



Trioda — pentoda (Lampa podwójna). Pośrednio żarzona



Podwójna trioda – bezpośrednio żarzona



Podwójna lampa (np. trioda-pentoda) pracująca w dwu różnych obwodach. Symbol lampy podzielony na dwie części.



Elektronowy wskaźnik dostrojenia. „Magiczne oko" (jeden z wielu typów).



Komórka fotoelektryczna



Tranzystor



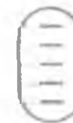
Lampa oscylograficzna



Lampa kineskopowa (telewizyjna — jeden z różnych typów) wraz z cewkami odchylającymi



Opornik samoregulujący



Stabilizator prądu



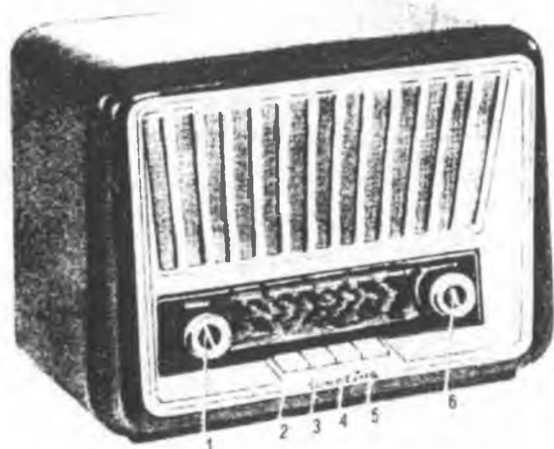
Komórka piezoelektryczna (kwarc).

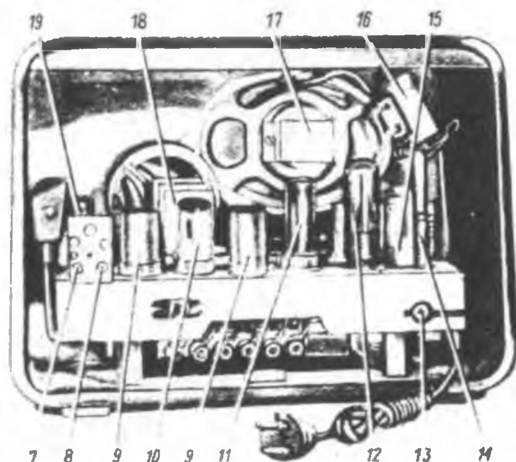


Filtr

Iskiernik

Ogniwo termoelektryczne
a) ogrzewane pośrednio
b) ogrzewane bezpośrednio





7 — gniazdko [illegible]
8 — [illegible]
9 — obwody [illegible]
10 — lampa UCH 21 [illegible] częst.)
11 — lampa UBL 21 (detektor i wzm[illegible])
12 — lampa UY1N (prostownik półokresowy)
13 — przełącznik [illegible]
14 — opornik redukcyjny
15 — kondensator elektrolityczny [illegible]
16 — transformator głośnikowy
17 — głośnik eliptyczny
18 — agregat kondensatorów
19 — lampa UCH 21 [illegible] i heterodyna)

IV. SPRÓBUJMY ZMONTOWAĆ SAMI

1. Montujemy aparaty detektorowe

Sposób wykonania odbiornika detektorowego zależy od możliwości Czytelnika. Chodzi tu przede wszystkim o sprzęt, jakim on dysponuje.

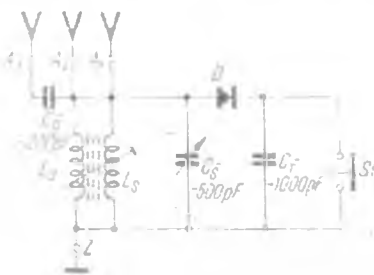
Kształt, wielkość i kolor skrzyneczki nie ma zasadniczego znaczenia.

Ponieważ trudno przewidzieć, jakimi częściami montażowymi Czytelnik rozporządza, podano tu przeto kilka rozwiązań, które ułatwiają konstrukcję takiego aparaciku.

a. Wariant 1

„Obwód wejściowy" tego aparatu składa się z cewki „antenowej" L_a, sprzężonej indukcyjnie z cewką „strojeniową" L_s, strojoną kondensatorem zmiennym C_s. Kondensator ten powinien mieć dielektryk (izolację między płytkami) powietrzny ze względu na powstające w nim mniejsze straty energii niż w innych dielektrykach. Cewka antenowa L_a przyłączona jest swoim początkiem p do gniazdka antenowego A_2, końcem zaś k — do gniazdka uziemienia Z. Cewka strojeniowa L_s ma przyłączony do obu swoich końcówek kondensator zmienny C_s — 500 pF, przy czym jej początek p (wraz z jednym zaciskiem kondensatora) połączony jest z igłą detektora kryształkowego lub jedną końcówką diody germanowej (typu DOG 52; DOG 56 lub DOG 58), koniec zaś k tej cewki połączony jest z gniazdkiem uziemienia — Z.

Jedno z gniazdek słuchawkowych *Sł* połączone jest z kryształkiem detektora lub z drugą końcówką tej diody germanowej, drugie zaś — łączy się z ziemią. Słuchawki „zablokowane" są kondensatorem stałym o pojemności rzędu 1000 pF, którego obie końcówki dołączono do obu gniazdek słuchawkowych (rys. 1).



Rys. 1. Schemat ideowy odbiornika detektorowego (wariant 1)

Do odbioru audycji przy zwiększonej selektywności aparatu należy doprowadzenie anteny wetknąć do gniazdka A_3 lub A_2.

W tym przypadku antena przyłączona jest do cewki L_a obwodu

wejściowego w aparacie, poprzez kondensator stały C_a.

Prądy szybkozmienne (w. cz.), uzyskane z anteny powodują powstawanie na końcówkach cewki L_a zmiennej siły elektromotorycznej, która z kolei indukuje siłę elektromotoryczną w sprzężonej z nią cewce L_s, dostrajanej kondensatorem zmiennym C_s do rezonansu z odbieraną falą stacji nadawczej. Obie sprzężone ze sobą cewki tworzą tzw. „transformator wielkiej częstotliwości".

Dzięki pewnemu stosunkowi ilości zwojów cewek L_a do L_s otrzymujemy większą selektywność odbioru, niż gdyby była tylko jedna cewka L_s, chociaż odbywa się to kosztem zmniejszenia siły odbioru. W dalszym ciągu prądy wielkiej częstotliwości, modulowane częstotliwościami akustycznymi (mową lub muzyką), płyną przez detektor D, w którym ulegają „wyprostowaniu", czyli detekcji, i przechodzą przez słuchawki, w których zostają przekształcone w mechaniczne drgania

Kształt rdzenia	Typ rdzenia	Fale	Ilość zwojów L_a	Ilość zwojów L_s
	„E"	Śr.	35	90
		Dł.	95	390
	„H"	Śr.	20	60
		Dł.	80	250
	„X"	Śr.	25	65
		Dł.	70	275
	„Dralowid"	Śr.	20	80
		Dł.	40	310
	„Görler"	Śr.	25	65
		Dł.	70	270
	bez rdzenia — „powietrzne" (masowe)	Śr.	40	160
		Dł.	120	350

Fale: Śr. — zakres 200—600 m; Dł. — zakres 800—2000 m.
Lica: 20 × 0,05 mm lub 10 × 0,07 mm.
Drut: 0,2 mm 2 × jedwab lub emalia.

membran, dając akustyczny efekt odtwarzanej audycji.

Kondensator stały C_T, blokujący słuchawki, służy do odprowadzania bezpośrednio do „ziemi" zdetektowanych prądów wielkiej częstotliwości, pochodzących od fali nośnej odbieranej stacji radiofonicznej, które przedostają się przez detektor; prądy te wprowadzają do odtwarzanej audycji szumy. Do uzyskania odbioru audycji potrzebne są tylko zdetektowane prądy małej częstotliwości (akustyczne), którymi modulowana była fala nośna stacji i które są elektrycznym „obrazem" nadawanych dźwięków.

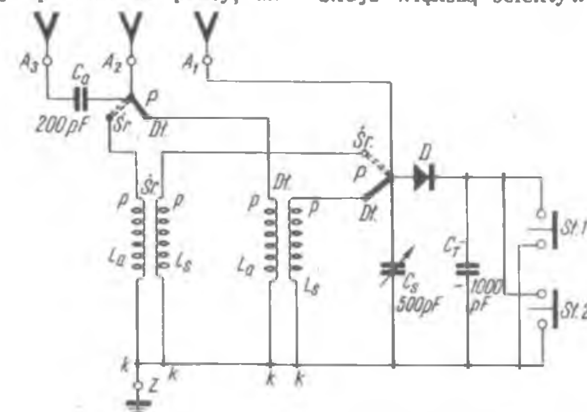
Jeżeli życzymy sobie odbierać audycje bez zwiększenia selektywności, wówczas antenę wkładamy do gniazdka A_1. Cewka L_a nie bierze wtedy udziału w pracy.

Tyle w skrócie co do opisu działania układu.

Jeżeli aparat ma być dostosowany do odbioru stacji pracujących na dwóch zakresach falowych (średnio- i długofalowym), należy wykonać dwa odpowiednie zespoły cewkowe i włączać je parami do pracy, zależnie od potrzeby. Przełączanie tych zespołów odbywać się będzie za pomocą przełącznika falowego P. Konstrukcja jego może być różna, zależnie od firmy, która go wykonała, lecz musi on umożliwiać przełączanie odpowiednich końcówek cewek.

Na rys. 2 podany jest schemat takiego aparatu detektorowego, przystosowanego do odbioru dwu zakresów falowych.

Na schemacie widzimy dwa zespoły cewkowe. Pierwszy „Śr" przewidziany jest do odbioru stacji średniofalowych, drugi „Dł" — długofalowych. Cewki mogą być wykonane na rdzeniu ferrytowym lub bez niego. Ponieważ rdzenie ferrytowe mają różne kształty, przeto w tabliczce podane zostały orientacyjne liczby zwojów oraz średnice drutów, potrzebnych do nawinięcia cewek dostosowanych do odbioru odpowiedniego zakresu falowego, w zależności od kształtu użytego rdzenia. Przez użycie cewek nawiniętych na rdzeniach ferrytowych unika się większych w nich strat oraz uzyskuje większą selektywność odbioru



Rys. 2. Schemat ideowy odbiornika detektorowego na dwa zakresy falowe (wariant 2).

niż przy używaniu cewek powietrznych.

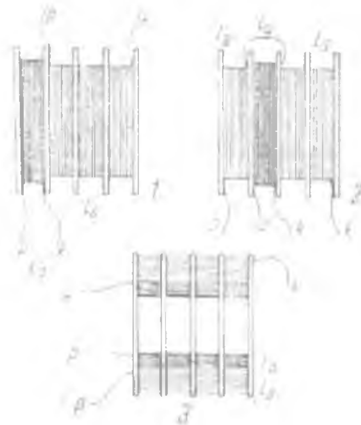
Do nawinięcia cewek najlepiej użyć „licy wielkiej częstotliwości", w której poszczególne druciki są izolowane emalią, cała zaś — jedwabiem. Dzięki użyciu licy można lepiej wykorzystać przekrój przewodu przy przepływie prądów wielkiej częstotliwości, a przez to i szkodliwa oporność cewki jest mniejsza. Jeżeli trudno będzie nabyć licę, składającą się z 20 drucików po 0,05 mm średnicy, można w zastępstwie użyć licy 10 × 0,07 mm lub w ostateczności — miedziany drut o średnicy 0,2 mm, izolowany bawełną lub jedwabiem.

Przy lutowaniu licy należy ją dobrze odizolować, maczając koniec jej w spirytusie i następnie ostrożnie, aby jej nie stopić, podgrzewać płomykiem, np. od zapalonej zapałki. Zwęgloną emalię trzeba ostrożnie usunąć **z każdego poszczególnego drucika.** Należy pamiętać, że źle oczyszczona lica i niezlutowanie chociażby jednego z drucików razem z innymi wprowadzi szkodliwe tłumienie w cewce, co odbije się ujemnie na sile odbioru.

Jeżeli nabycie licy lub jej lutowanie sprawia kłopot, lepiej jest wówczas użyć drutu o średnicy nie mniejszej niż 0,2 mm izolowanego emalią i jeden raz jedwabiem, 2 razy jedwabiem lub ewentualnie 2 razy bawełną.

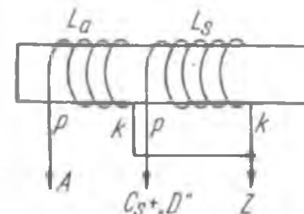
Nawinięcie cewek na rdzeniu ferrytowym należy wykonać według posiadanego karkasu. Cewkę antenową L_a nawija się obok cewki L_s, przy czym zwoje cewki L_s rozkłada się na możliwie największą ilość przegródek korpusu, w celu uzyskania jak najmniejszej pojemności własnej uzwojenia. Cewka antenowa L_a może znajdować się w jednej przegródce. Wykonując natomiast cewki „powietrzne" należy nawijać jedną cewkę na drugiej. Należy pamiętać, że obie cewki L_a i L_s nawijane są w tym samym kierunku, przy czym odróżniamy początek (p) i koniec cewki (k).

Końcówki cewek łączymy niezależnie od ich typu w ten sposób, że początek (p) cewki antenowej L_a łączy się z anteną (połączenie z gniazdkiem antenowym A_2 przez przełącznik falowy), jej koniec (k) połączony jest z gniazdkiem uziemienia Z. Podobnie początek (p) cewki strojeniowej L_s łączy się (za pośrednictwem sprężynki przełącznika) z przewodem, do którego przyłączony jest jeden z biegunów kondensatora strojeniowego C_s i spiralka detektora kryształkowego lub jedna końcówka diody germanowej. Koniec (k) tej cewki połączony jest — podobnie jak i koniec cewki antenowej L_a — z gniazdkiem uziemienia Z (rys. 3).



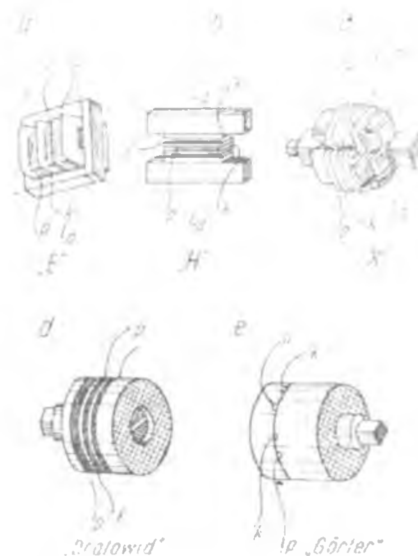
Rys. 3. Nawijanie cewek w korpusach

Rys. 4 przedstawia schematycznie kierunki nawinięcia i połączeń końcówek cewek.



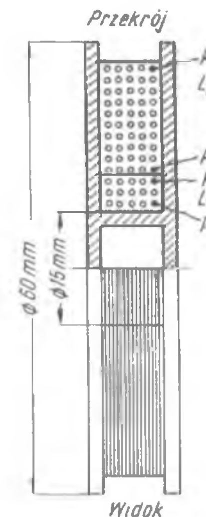
Rys. 4. Sposób nawinięcia i połączeń cewek

Rysunki 5a, b, c przedstawiają cewki nawinięte na rdzeniach typów „E", „H" i „X"; 5d, e — na rdzeniach typu „Dralowid" i „Görler".



Rys. 5. Widok cewek nawiniętych na różnych rdzeniach ferrytowych

W braku możliwości wykonania cewek na rdzeniach ferrytowych można zastosować cewki „powietrzne", nawijając odpowiednią ilość zwojów podanych dla każdego zakresu falowego. Stosowanie cewek powietrznych należy uważać za ostateczność, gdyż powodują one większe straty energii, co wpływa na zmniejszenie selektywności odbioru. Cewki te nawija się masowo, jedno uzwojenie na drugim, na preszpanowanym korpusie wykonanym własnoręcznie, np. według podanych wymiarów na rys. 6.

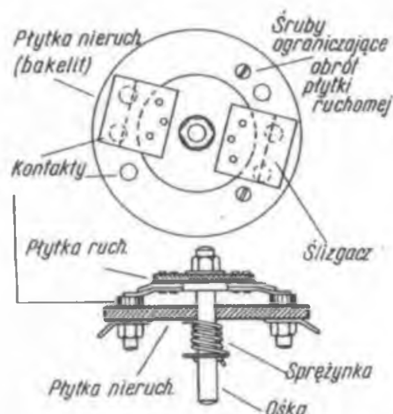


Rys. 6. Widok cewki „powietrznej" (bez rdzenia ferrytowego)

Sposób ustawienia obu zespołów cewkowych w aparacie powinien być taki, aby przedłużenia ich osi były od siebie prostopadłe. Ma to na celu usunięcie wzajemnego oddziaływania zespołów na siebie.

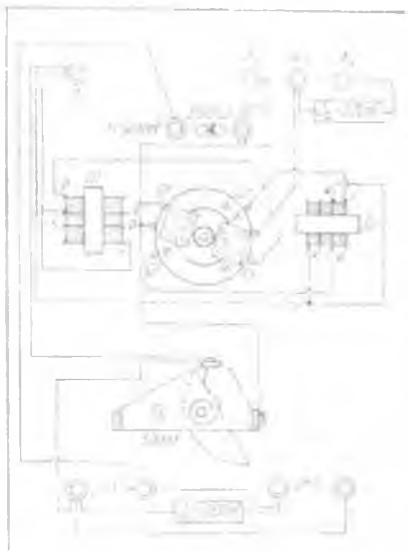
W braku możności nabycia odpowiedniego przełącznika można go wykonać samemu, np. według wzoru podanego na rys. 7. Przełącznik taki składa się z dwóch płytek: jednej „stałej" z otworem w środku, która

jest przymocowana do ścianki aparatu, i drugiej „obrotowej” — mającej w środku przymocowany pręt stalowy o średnicy 5 mm, służący jako oś przełącznika do umocowania pokrętła. Na „stałej” płytce umieszczone są styki (np. śruby mosiężne), których wszystkie główki zostały równo spiłowane (tak, aby nie było rowków). Umocowane są one po trzy z każdej strony otworu, na przeciwległych końcach średnicy.



Rys. 7. Szkic konstrukcji przełącznika zakresów falowych

Płytka obrotowa ma przymocowane po obu stronach pręta mosiężne sprężynki wygięte tak, jak pokazano na rysunku. Sprężynki te muszą być dość sztywne, równe i mieć taką szerokość, aby ślizgając się po stykach łączyły stale w jednym i drugim skrajnym położeniu po dwa sąsiednie styki razem i jednocześnie po obu stronach osi (styk środkowy i jeden — skrajny). Dodatkowe śruby służą do zabezpieczenia ślizgacza przed spadnięciem ze styków w razie zbyt silnego obrotu jego pokrętłem. Wobec tego, iż zasada konstrukcji takiego przełącznika jest już znana, wykonanie pozostawiam sprytowi zainteresowanego Czytelnika.



Rys. 8. Widok połączeń od spodu płytki montażowej

W schemacie montażowym (rys. 8) przyjęto cewki wykonane na rdzeniu typu „E”; można stosować również i inne typy rdzeni, zachowując tylko odpowiednie połączenia końcówek cewek.

Detektor może składać się ze sprężynki śrubowej i dobrego kryształu — galeny.

Taki detektor, dawniej szeroko używany, dzisiaj jednak jest już przeżytkiem; stosuje się go wówczas, gdy nie można nabyć odpowiedniej „diody germanowej”, która pracuje bez wyszukiwania igłą najczulszego punktu na powierzchni kryształu. Najlepiej nadającą się diodą na detekcję w odbiorniku kryształkowym jest dioda germanowa krajowej produkcji typu DOG 52; można również stosować diodę typu DOG 56 lub ew. DOG 58.

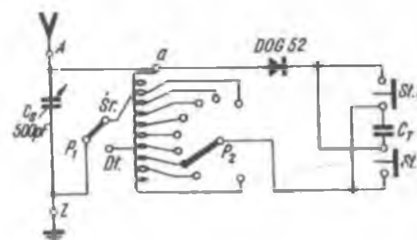
Słuchawki powinny być czułe, nierozmagnesowane, o oporności rzędu 2000 lub 4000 omów.

Do połączeń należy użyć drutu dość grubego, o średnicy np. 1 mm, przy czym wszystkie połączenia muszą być dobrze lutowane lub mocno dociśnięte śrubami. Do lutowania powinno używać się tylko pasty (kalafonii), a nie „kwasu”.

Pastę taką można przyrządzić samemu rozpuszczając kalafonię w czystym spirytusie (niedenaturowanym), tak aby otrzymać dość gęstą papkę. Przed lutowaniem oczyszcza się dobrze powierzchnię miejsc lutowanych, smaruje pastą i oblewa gorącą cyną, przytrzymując ostrze kolby do lutowania tak długo, aż płynna cyna dobrze pokryje złącze.

b. Wariant 2

Na rys. 9 przedstawiony jest schemat innego aparatu detektorowego.



Rys. 9. Schemat ideowy odbiornika detektorowego (wariant 3)

Z rysunku tego widzimy, że aparat ma kondensator zmienny C_S o pojemności 500 pF, włączony między gniazdka anteny i ziemi, przy czym jego zaciski są połączone również z cewką L aparatu. Jeden zacisk, połączony z grupą płytek „nieruchomych”, łączy się z jednym końcem a cewki, drugi zaś, połączony z płytkami „ruchomymi” — z manetką P_1, poprzez którą ma połączenie z jednym z dwu odczepów, a więc z częścią zwojów tej cewki. Kondensator ten i część cewki (między jej końcem a i odczepem) połączone są ze sobą równolegle i tworzą rezonansowy obwód strojony.

Cewka L, oprócz odczepów wykonanych na 50 i 150 zwoju (całkowita ilość zwojów w cewce wynosi 300), które połączone są ze stykami przełącznika falowego (manetki P_1), ma również 9 odczepów wykonanych na 50, 75, 100, 125, 150, 200, 225, 250 i 300 zwojach połączonych ze stykami manetki P_2, za pomocą której nastraja się aparacik na najsilniejszy odbiór i największą selektywność. Odczepy 50 i 150 są wspólne (dla jednej i drugiej manetki).

Koniec a cewki, a więc i jeden zacisk kondensatora, który łączy się z grupą płytek nieruchomych oraz z gniazdkiem antenowym, połączony jest również z detektorem i poprzez niego z gniazdkami słuchawek radiowych (z przyłączonym do nich równolegle kondensatorkiem stałym C_T o pojemności około 1000 pF). Następnie obwód ten — z drugiego gniazdka słuchawek (od pary), a więc poprzez słuchawki, łączy się z manetką P_2 i poprzez jej ślizgacz z jednym z odczepów cewki L. Obwód ten sprzężony jest przez część zwojów cewki L z omówionym obwodem antenowym aparatu, strojonym kondensatorem C_S.

Jak widzimy, cewka L tego aparatu przedstawia autotransformator wielkiej częstotliwości, w którym

pierwotne uzwojenie znajduje się w obwodzie antenowym (manetka P_1), wtórne zaś — w obwodzie dalszej części aparatu (manetka P_2). Manetką P_1 można zmieniać zakresy odbieranych fal (średnie lub długie), manetką zaś P_2 — regulować, jak już powiedziałem, siłę i selektywność odbioru.

Kondensator C_T, o pojemności 1000 pF, służy do odprowadzania z obwodu słuchawek pozostałości zdetektowanych napięć wielkiej częstotliwości (od fali nośnej stacji), które wpływają ujemnie na czystość odbieranych audycji (przez cewki słuchawek płyną wówczas tylko prądy małej częstotliwości, będące elektrycznym odpowiednikiem dźwięków mowy i muzyki).

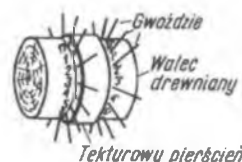
Aparat ten dostraja się do fali stacji odbieranej w ten sposób, że po ustawieniu manetki P_2 na jednym ze środkowych styków obraca się pokrętłem kondensatora C_S aż do uzyskania odbioru. Manetka P_1 musi być wówczas ustawiona na styku odpowiadającym temu zakresowi falowemu, na którym pracuje odbierana stacja.

Po uzyskaniu odbioru przestawia się ślizgacz manetki P_2 na taki styk, przy którym siła i selektywność odbioru są największe, a następnie koryguje się wolnymi ruchami ustawienie kondensatora obrotowego C_S, aby jeszcze wzmocnić siłę odbioru audycji.

Aparat ten dostosowany jest do odbioru audycji za pomocą dwu lub jednej pary słuchawek.

Cewka L do tego aparatu może być wykonana rozmaicie. W modelowym aparacie użyto cewki tzw. „komórkowej", wykonanej w sposób następujący.

Należy przygotować drewniany wałek średnicy 5 cm i długości około 10 cm. Na wałek ten nawija się lekko pierścień tekturowy lub odpowiednią ilość sklejonych ze sobą warstw papieru (aby po nawinięciu można go było z wałka zsunąć). Pierścień ten powinien mieć grubość około 2 mm i szerokość około 25 mm. Po jednej i drugiej stronie pierścienia, na wałku, wbija się w drewno, w równych od siebie odstępach, gwoździki długości około 40 mm. Rysunek 10 pokazuje, jak wygląda wałek z nasadzonym na niego pierścieniem i gwoździkami.



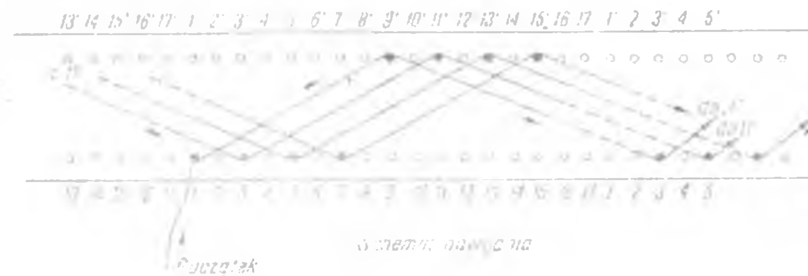
Rys. 10. Walec drewniany do nawijania cewek koszykowych

Gwoździki te numeruje się od *1* do *17* (po jednej stronie — numery zwykłe, po drugiej zaś — z przecinkiem u góry, np. *4* i *4'*).

Rysunek 11 przedstawia rozwinięty fragment powierzchni wałka oraz sposób umieszczenia gwoździków, numeracji i nawijania uzwojenia.

Cewkę należy nawijać drutem o średnicy nie mniejszej niż 0,3 mm (najlepiej o średnicy 0,5 mm), izolowanym dwukrotnie jedwabiem lub bawełną. Nawijanie rozpoczyna się od pierwszego gwoździka, przeciągając drut do gwoździka *9'*, a następnie z powrotem, lecz już do gwoździka 3.

Jest to jeden zwój cewki. Drugi zwój otrzyma się po przeciągnięciu drutu od gwoździa *3* do *11'* i z po-



Rys. 11. Schemat nawijania cewki

wrotem do *5*. Trzeci zaś — po połączeniu drutem gwoździka *5* z *13'* i *7* itd., tak jak pokazano na rys. 11. Widzimy zatem, że po nawinięciu jednego zwoju, a więc za każdym obrotem wałka (lub drutu), postępuje się o dwa gwoździki naprzód.

W miejscach, w których powinny być wykonane odczepy, a więc na 50, 75, 100, itp. zwojach, należy drucik na gwoździkach lekko skręcić, robiąc pętlę, tak jak pokazuje rys. 12, i prowadzić nawijanie dalej.



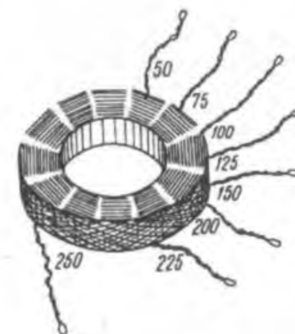
Rys. 12. Wykonanie odczepu (pętli)

Po ukończeniu nawijania całą ceweczkę lekko podgrzewa się w piecyku albo nad kuchenką elektryczną i zanurza lub smaruje roztopioną, gorącą parafiną.

Po ostygnięciu cewki trzeba ostrożnie wyjąć gwoździki i zsunąć ją z wałka.

Końce pętli drucików opala się ostrożnie nad płomykiem lampy spirytusowej (lub zapałki), oczyszcza metal z nalotu drobnym papierem szklistym i przymocowuje do odpowiednich nakrętek styków przełącznika.

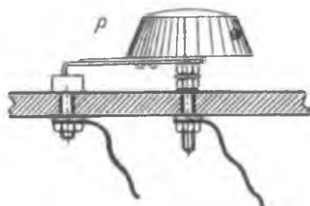
Wygląd gotowy cewki przedstawia rys. 13.



Rys. 13. Widok cewki komórkowej

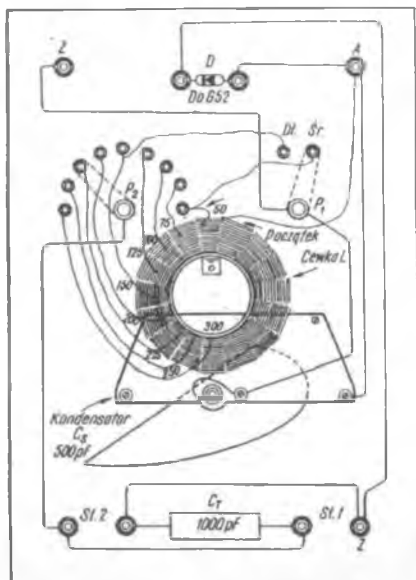
Styki manetki można wykonać z mosiężnych śrub do metalu, z których spiłowano łebki, tak aby usunąć nacięcia na śrubokręt, uniemożliwiające przesuwanie się ślizgacza. Wszystkie łebki styków powinny mieć tę samą wysokość, gdyż

tylko wówczas ślizgacz będzie gładko przesuwał się z jednego styku na drugi. Styki te muszą być ustawione na płytce aparatu w takiej od siebie odległości, aby ślizgacz przy przesuwaniu się nie spadał i nie łączył jednocześnie dwu z nich. Złączenie dwu styków spowoduje osłabienie siły otrzymywanych audycji.



Rys. 14. Wygląd manetki

Manetkę można wykonać np. w sposób podany na rys. 14. Aparat



Rys 15. Widok od spodu płytki montażowej

należy zmontować w drewnianej małej skrzyneczce, posługując się schematem tzw. „montażowym", podanym na rys. 15 i 16. Rozwiązanie

Rys. 16. Widok z wierzchu płytki montażowej

szczegółów konstrukcyjnych pozostawia się sprytowi radioamatora.

c. Wariant 3

Aparat, którego schemat przedstawiony jest na rys. 17, nie ma kondensatora zmiennego. Strojenie tego aparatu przeprowadza się przez przesuwanie dwu suwaków znajdujących się na cewce tzw. „cylindrycznej". Tego typu aparaty detektorowe konstruowane były na początku rozwoju radiofonii, jednak ze względu na duże zalety i brak kondensatora zmiennego warto się z ich konstrukcją zapoznać.

Rys. 17. Schemat ideowy odbiornika detektorowego (wariant 3)

Zasada działania takiego aparatu jest taka sama, jak aparatu opisanego poprzednio z tą tylko różnicą, że zmiana zakresu odbieranych fal i dostrojenie do rezonansu z falą radiostacji odbywa się w tym aparacie przez zmianę ustawienia suwaka S_1 (poprzednio za pomocą manetki P_1 i kondensatora zmiennego C_S), uzyskanie zaś najwyższej siły głosu i selektywności — przez zmianę ustawienia drugiego suwaka S_2 (poprzednio manetki P_2). Regulacja za pomocą suwaka S_2 jest dokładniejsza niż za pomocą manetki.

Rysunek montażowy 18 przedstawia sposób łączenia poszczególnych części składowych aparatu. Zmontować go można na deseczce, a rozwiązanie konstrukcyjne pozostawia się pomysłowości radioamatora.

Warto jednak poświęcić kilka słów wykonaniu cewki. Nawija się ją drutem emaliowanym o średnicy nie mniejszej niż 0,5 mm, na preszpanowym lub tekturowym cylindrze o średnicy 8 cm i długości około 24 cm. Cylinder musi być twardy (aby nie uginał się pod naciskiem palca), może być więc zwinięty z kilku warstw zwykłej tektury, przy czym warstwy te powinny być dobrze sklejone, np. klejem stolarskim.

Rys. 18. Schemat montażowy odbiornika detektorowego (wariant 4)

Nawijanie rozpoczyna się od tego, że na jednym końcu cylinderka, w odległości około 1 cm od jego brzegu, przeciąga się drut przez otwór w tekturze, zrobiony gwoździem lub innym ostrym narzędziem. Zwoje nawija się ściśle jeden obok drugiego. Po nawinięciu 300 zwojów znów przymocowuje się koniec drutu, przeciągając go przez podobny otwór wykonany z drugiej strony cylinderka. Jeden koniec cewki pozostaje wolny, drugi zaś — przytwierdza się za pomocą śrubki z nakrętką, ponieważ później łączy się go przewo-

Rys. 19. Konstrukcja suwaka

dem z gniazdkiem antenowym oraz z jednym końcem kondensatora stałego C o pojemności 500 pF i wreszcie z igłą detektora kryształkowego lub jedną końcówką diody germanowej. Ten koniec cewki oznaczony został na schemacie literą p.

Po nawinięciu cewki trzeba do boków cylindra przykleić ścianki wykonane z kwadratowych deseczek, o grubości około 1 cm i wymiarach boków 10 cm, tak aby oś cewki pokrywała się ze środkiem deseczki, który. wyznaczy punkt przecięcia się przekątnych kwadratów.

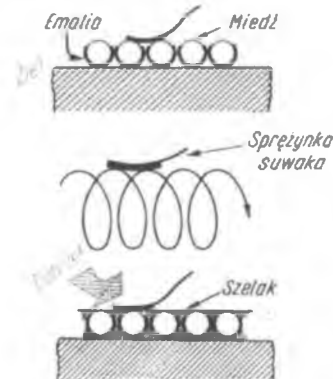
Pręty, po których ślizgają się suwaki, powinny być wykonane z mosiądzu lub twardej miedzi. Może to być drut okrągły, o średnicy nie mniejszej niż 4 mm, lub pręt o przekroju kwadratowym i takim samym boku. Ten ostatni jest lepszy ze względu na to, że suwak nie mogąc obracać się dokoła swej osi będzie poruszał się tylko wzdłuż pręta. Stosując drut okrągły — dobrze jest równo spiłować dolną jego powierzchnię (patrząc od strony cewki, po przymocowaniu go do drewnianych ścianek), aby w ten sposób ograniczyć obracanie się suwaka dokoła jego osi. Przymocowanie prętów do deseczki pozostawia się pomysłowości konstruktora, który powinien uważać na to, aby pręty te z jednej strony łączyły się ze śrubkami, którymi mocuje się druty łączące te pręty z innymi częściami składowymi aparatu.

Sposób wykonania suwaka może być np. taki, jak podano na rys. 19.

Po nawinięciu cewki smaruje się jej powierzchnię szelakiem rozpuszczonym w spirytusie lub celuloidem rozpuszczonym w acetonie. Miejsca, wzdłuż których mają się poruszać ślizgacze suwaków, należy posmarować tak grubo, aby po wyschnięciu wyrównały się wszystkie rowki między poszczególnymi zwojami cewki, tworząc gładką płaszczyznę.

Następnie pas powierzchni cewki, wzdłuż lini oznaczonej przez suwający się ślizgacz, ściera się miałkim, szklistym papierem, usuwając lakier wraz z emalią, tak aby wzdłuż tej ścieżki były widoczne tylko górne powierzchnie drutów miedzianych. W ten sposób między jednym odizolowanym zwojem a drugim powstanie przerwa o dość dużej szerokości, pokryta masą izolacyjną. Dzięki gładkiej powierzchni, po której ślizgacz się suwa (rowki wypełnione

są lakierem) oraz odpowiedniemu wygięciu końca ślizgacza nie może on łączyć dwu sąsiednich zwojów cewki. Połączenie tych zwojów ze sobą spowodowałoby powstawanie tłumienia w cewce, a tym samym osłabienie siły odbioru.



Rys. 20. Ustawianie się ślizgacza na zwojach cewki

Rys. 20 pokazuje nam dwa przypadki ustawiania się ślizgacza suwaka: na zwojach nie pokrytych lakierem i na zwojach lakierowanych.

Na zakończenie pragnę podkreślić, że sprawne działanie aparatu detektorowego zależy od wielu różnych czynników, a mianowicie od:

1. Dobrej anteny, tzn. dobrze izolowanej, o długości poziomego promienia około 20 do 30 m, zawieszonej możliwie wysoko i skierowanej w kierunku lokalnej stacji nadawczej.
2. Dobrego uziemienia.
3. Starannego wykonania cewek.
4. Dobrego i czystego kryształka — detektora lub dobrej diody germanowej.
5. Dobrych i czułych słuchawek (nie rozmagnesowanych).
6. Starannych połączeń i czystych przewodów.

Stosując się do wyżej wymienionych uwag można być pewnym, że instalacja radiowa wykonana będzie bez zarzutu, a wtedy dobry i silny odbiór jest już tylko uzależniony od odległości stacji nadawczej, pory roku lub dnia oraz warunków lokalnych, jak duże skupienia domów, góry itp.

W warunkach normalnych odbiór audycji za pomocą opisanych aparatów powinien dać pełną satysfakcję konstruktorowi.

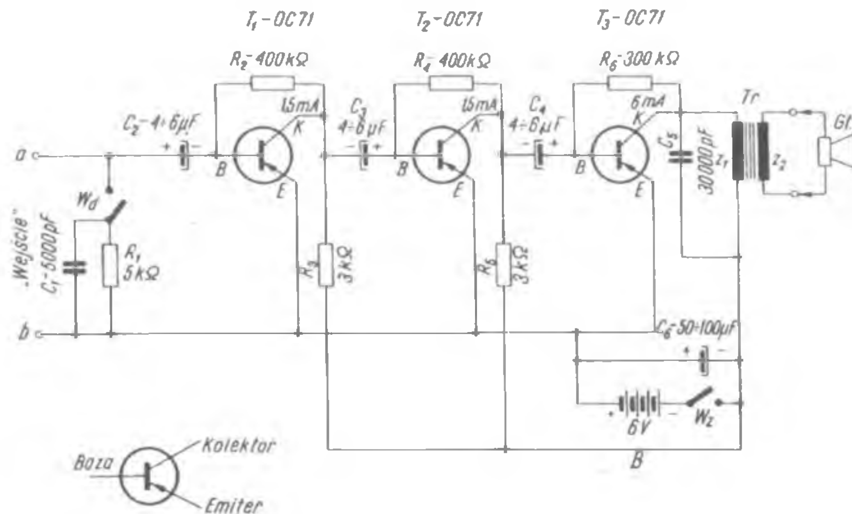
2. Trzystopniowy tranzystorowy wzmacniacz m. cz.

Odbiornik detektorowy, nawet w pobliżu lokalnej radiostacji nadawczej, nigdy nie da tak dużej energii, potrzebnej do zasilania małego nawet głośnika, aby można było słuchać swobodnie odtwarzanych przez niego audycji.

Jak mówi przysłowie: „Z pustego i Salomon nie naleje". Energia otrzymywana z przestrzeni poprzez fale radiowe jest tak mała, że bez wzmocnienia sygnałów o częstotliwościach akustycznych, potrzebnych do zasilania głośnika, nie może być mowy o głośnym odtwarzaniu odbieranej audycji; audycję taką można odbierać tylko przez słuchawki.

Potrzebne wzmocnienie sygnałów można uzyskać stosując odpowiedni wzmacniacz małej częstotliwości, zasilany z jakiegoś źródła energii elektrycznej.

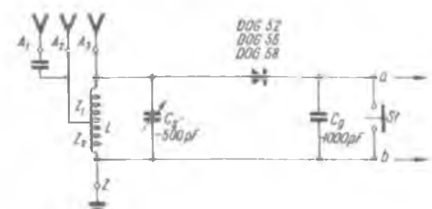
W poprzednich latach najprostszy wzmacniacz m. cz. zawierał lampy elektronowe, zasilane z baterii elektrycznej i akumulatora (lub — baterii



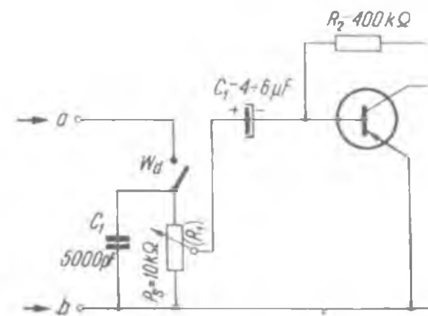
Rys. 21. Schemat ideowy tranzystorowego wzmacniacza m. cz.

żarzenia). Obecnie znacznie wygodniejsze są wzmacniacze m. cz. zawierające tranzystory.

Spróbujcie odczytać schemat i samodzielnie zmontować taki uproszczony tranzystorowy wzmacniacz m. cz. (rys. 21). Jest on przeznaczony do wzmacniania sygnałów otrzymywanych z odbiornika detektorowego, pracującego z diodą germanową (rys. 22). Nie posiada on regulatora siły głosu odtwarzanych audycji, gdyż można przewidywać, iż nie będą one tak silne, aby trzeba było je zciszać. Gdyby jednak siła głosu była zbyt duża, co może się zdarzyć w pobliżu silnej lokalnej radiostacji nadawczej, wówczas można zastosować regulator siły głosu (P_S), montując go zamiast opornika R_1 wg podanego fragmentu schematu na rys. 23. Wówczas dwie skrajne końcówki potencjometru P_S o oporności 10 kΩ łączymy z dwoma gniazdkami



Rys. 22. Schemat ideowy odbiornika detektorowego z diodą germanową



Rys. 23. Fragment schematu wzmacniacza m. cz. z regulatorem siły głosu

„wejścia" wzmacniacza m. cz. (jedną — bezpośrednio z gniazdkiem b połączonym z „plusem" baterii oraz drugą — poprzez wyłącznik W_d — z drugim gniazdkiem a tego „wejścia"). Środkową końcówkę potencjometru P_S (ślizgacz potencjometru) łączy się z „plusem" kondesatora elektrolitycznego C_2 = 4÷6µF/6V

Panie Profesorze — przerwał Wojtuś. — A po co w tym obwodzie znajduje się wyłącznik W_d?

— Mój drogi chłopcze. Dobrze, że zainteresowałeś się tym. Wyłącznika tego może nie być, jeżeli wzmacniacz ten zmontowany byłby razem z odbiornikiem detektorowym, którego schemat np. przedstawiony jest na rys. 22. Wówczas niepotrzebny byłby również i kondensator C_9 = 1000 pF — „blokujący" słuchawki w tym odbiorniku, gdyż tę funkcję spełnia wtedy kondensator C_1 = 5000 pF we wzmacniaczu m. cz. Kondensator ten odprowadzałby do „ziemi" zbyteczne, zdetektowane sygnały w. cz. pochodzące od fali nośnej radiostacji, pozostawiając tylko w obwodzie potrzebne nam zdetektowane sygnały m. cz., będące elektrycznymi odpowiednikami odtwarzanych przez głośnik dźwięków.

Podobnie byłoby, gdyby wzmacniacz ten miał służyć tylko do wzmacniania sygnałów otrzymywanych przez inny odbiornik detektorowy. Zastosowanie tego wyłącznika czyni wzmacniacz bardziej uniwersalnym i daje pole do eksperymentowania. Wyłączając ten opornik możecie np. przyłączyć odbiornik detektorowy poprzez transformator m. cz. o przekładni od 1 : 4 do 1 : 10, przez co można jeszcze bardziej zwiększyć siłę odtwarzanych audycji (uzwojenie o małej ilości zwojów należy wówczas przyłączyć do gniazdek odbiornika detektorowego, a uzwojenie o dużej ilości zwojów — do gniazdek „wejściowych" wzmacniacza m. cz.).

Podobnie wówczas możecie eksperymentować przyłączając do „wejścia" wzmacniacza np. adapter gramofonowy albo taki lub inny mikrofon itp.

Wróćmy jednak do ogólnego omówienia naszego schematu.

Wzmacniacz ma trzy stopnie wzmocnienia z tranzystorami T_1, T_2 i T_3. Wszystkie tranzystory są jednakowe typu OC71; można je zastąpić tranzystorami typów: TG4; TG5; TG6 i П5 — przy czym siła i czystość odbioru niewiele ulegną zmianie.

Pierwszy stopień wzmacniacza pracuje z tranzystorem T_1. Do jego bazy doprowadzone zostają poprzez kondensator C_2 o pojemności 4 ÷ 6 µF sygnały sterujące (np. z odbiornika detektorowego). W obwodzie kolektora tego tranzystora znajduje się opornik R_3 o wartości 3 kΩ. Napięcie „odkładające się" na tym oporniku jest zależne od wielkości prądu płynącego w obwodzie wyjściowym pierwszego stopnia wzmacniacza. Prąd ten zmienia się w takt doprowadzanych sygnałów sterujących bazę tranzystora. Na oporniku R_3 = 3 kΩ powstają wówczas napięcia zmienne, odpowiadające doprowadzonym sygnałom, odpowiednio większe od napięć sygnałów podawanych na wejście wzmacniacza (np. z odbiornika detektorowego) — następuje pierwsze ich wzmocnienie. Jak więc widzimy, pierwszy stopień wzmacniacza pracuje w tzw. „układzie oporowym"; opornik R_3 = 3 kΩ radiotechnicy nazywają „opornikiem roboczym" układu. Wzmocnione w

pierwszym stopniu układu napięcia zmienne zostają podane poprzez kondensator $C_3 = 4 \div 6\,\mu F$ na bazę drugiego tranzystora (T_2). Tranzystor ten również pracuje na załączony w obwód jego kolektora opornik $R_5 = 3\,k\Omega$ tak, jak to miało miejsce w poprzednim stopniu wzmacniacza. Widoczne na schemacie dodatkowe oporniki $R_2 = 400\,k\Omega$ i $R_4 = 400\,k\Omega$ podają potrzebne, odpowiednie napięcia „polaryzujące" do baz tranzystorów, co zapewnia właściwą (bez większych zniekształceń) pracę obu pierwszych stopni wzmacniacza.

Trzeci stopień wzmacniacza pracuje z tranzystorem T_3. W obwód jego kolektora włączone jest pierwotne uzwojenie (Z_1) transformatora głośnikowego *Tr*. Wtórne uzwojenie (Z_2) tego transformatora zasila cewkę drgającą głośnika dynamicznego typu GD29-15/3.

Warto zwrócić uwagę, że głośnik ten ma stosunkowo duże wymiary i membranę w kształcie elipsy. Proponuję jego zastosowanie zamiast małego głośnika, gdyż wówczas odbierana audycja będzie w pełni zadowalać słuchaczy. Aby to jednak można było uzyskać, musi być on umocowany do kwadratowego ekranu z grubej sklejki (dykty), o wymiarach minimum 60×60 cm i grubości około 1 cm. Ekran ten może być i większy; im większy, tym lepiej. Otwór na membranę głośnika może być wykonany w środku powierzchni ekranu lub nieco niżej od środka, symetrycznie do obu jego boków.

Pierwotne uzwojenie transformatora głośnikowego „zablokowane" jest kondensatorem stałym C_5 o pojemności około 30 000 pF, czyli 30 nF, przez co odtwarzane przez głośnik dźwięki mają przyjemniejszą „barwę".

Kondensatory elektrolityczne C_2, C_3, C_4 o pojemności 4 do 6 μF powinny być włączone swoimi „biegunami" („+" i „—") tak, jak to pokazano na schemacie.

Pamiętajcie, że biegun „minus" („—") stanowi przewód połączony z aluminiową obudową kondensatora, zaś biegun „plus" („+") — przewód wyprowadzony ze środka, z wnętrza obudowy.

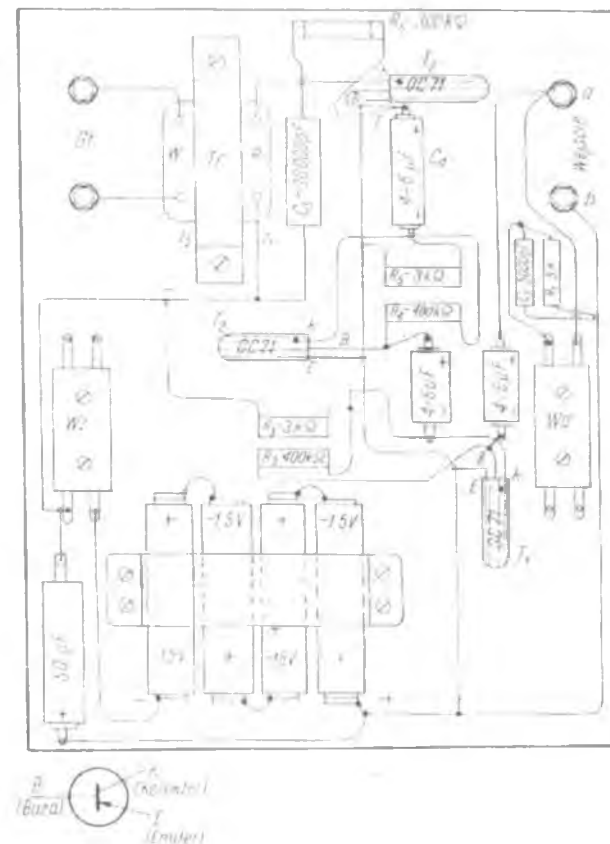
Napięcie polaryzujące bazę tranzystora T_3 dostarczane jest przez opornik $R_6 = 300\,k\Omega$.

Bateria zasilająca ma napięcie 6 woltów. Mogą to być np. cztery ogniwa specjalnych bateryjek „paluszkowych", połączone szeregowo ze sobą (4 × 1,5 V) lub — jedna bateryjka płaska (4,5 V) do latarki kieszonkowej i połączony z nią również w szereg („+" z „—") jeden element z drugiej takiej samej bateryjki albo — pięć małych, pastylkowych akumulatorów kadmowych-niklowo (np. typu KN-1), połączonych także szeregowo ze sobą.

Włączanie baterii zasilającej wzmacniacz odbywa się za pomocą wyłącznika W_z. W czasie pracy bateria „zablokowana" jest kondensatorem elektrolitycznym C_6 o dużej pojemności rzędu $50 \div 100\,\mu F$ (bieguny!), dzięki któremu zmniejsza się oporność elektryczna dla przepływu w obwodzie prądów o częstotliwościach akustycznych.

A teraz kilka uwag o montażu wzmacniacza.

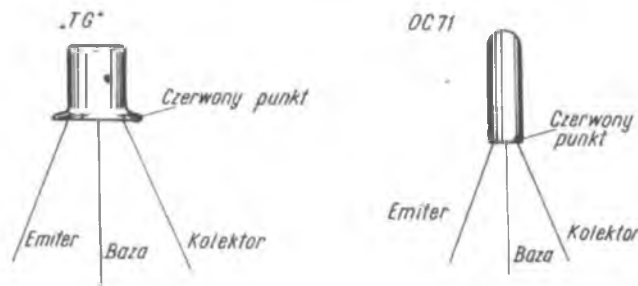
Montaż wzmacniacza najlepiej rozpoczynać od wykonania płytki, na której umocowane będą elementy wzmacniacza. Płytkę tę wykonujemy z dowolnego materiału izolacyjnego



Rys. 24. Schemat montażowy tranzystorowego wzmacniacza m. cz.

(np. bakelitu, preszpanu, cienkiej sklejki drewnianej lub nawet odpowiednio grubej tektury). Na płytce mocujemy poszczególne elementy, jak: gniazdka radiowe, wyłączniki błyskawiczne oraz baterie zasilające. Rozmieszczenie tych części może być takie, jakie jest uwidocznione na schemacie montażowym (rys. 24). Jak widać, gniazdka radiowe oraz wyłączniki błyskawiczne są umocowane za pomocą nakrętek, natomiast baterię przytrzymuje obejma z blachy. Wszystkie elementy montujemy przy użyciu kolby i cyny.

Tranzystory montujemy, zwracając szczególną uwagę na ich wyprowadzenia: środkowy drucik to „baza", skrajny oznaczony **czerwonym punktem** na obudowie to „kolektor", zaś drugi skrajny (bez oznaczenia) — „emiter" (rys. 25). Wlutowywanie tranzystorów wykonujemy oczywiście precyzyjnie i delikatnie, bez **zbytniego przegrzewania ich wprowadzeń** (!).



Rys. 25. Wyprowadzenia tranzystorów

Lutując należy szczypcami lub cążkami przytrzymywać drut wyprowadzenia elektrody od strony tranzystora, przez co z drutu tego będzie odbierane ciepło przez dużą masę szczypiec lub cążek i nie będzie ono dochodzić do obudowy tranzystora; tranzystor nie uszkodzi się.

Po zakończeniu montażu należy sprawdzić jego prawidłowość, posługując się w tym celu schematem ideowym układu (rys. 21). Postępowanie takie jest jak najbardziej wskazane, ponieważ umiejętność praktycznego czytania ideowych schematów jest podstawową kwalifikacją prawdziwego radioamatora. W sprawdzonym układzie wykonujemy ostatni zabieg: lutujemy ujemny biegun baterii do pobliskiego styku wyłącznika błyskawicznego W_z. Dźwignię wyłącznika ustawiamy przedtem w położeniu „wyłączone", tzn. w kierunku ku dołowi baterii.

Transformator do głośnika można również wykonać samodzielnie na rdzeniu (np. permalojowym), o wymiarach 30 × 30 mm i przekroju jego środkowej kolumny nie mniejszym niż 1 mm², nawijając równo i ściśle na uzwojenie pierwotne $Z_1 = 1000$ zwojów drutu o średnicy $0{,}15 \div 0{,}2$ mm w emalii, a na uzwojenie wtórne $Z_2 = 75$ zwojów drutu o średnicy $0{,}4 \div 0{,}5$ mm w emalii.

Cewkę L do odbiornika detektorowego można również wykonać samodzielnie, posługując się podaną tabelką lub nawijając „masowo" na cylindrze o średnicy zewnętrznej 12 mm, dla odbioru zakresu średniofalowego — 105 zwojów licy wielkiej częstotliwości 7 × 0,05 mm albo drutu o średnicy $0{,}3 \div 0{,}4$ w emalii i jedwabiu. Wewnątrz cylindra znajdować się będzie rdzeń ferrytowy.

Nawinąwszy pierwsze $Z_1 = 30$ zwojów wykonujemy odczep i następnie dowijamy dalsze $Z_2 = 75$ zwojów. W ten sposób otrzymamy jakby dwie cewki sprzężone ze sobą: jedną — „antenową", między gniazdkiem anteny A_1 i A_2 oraz uziemienia — $Z_1 = 30$ zw oraz drugą — „strojoną", którą jest cała cewka L ($Z_1 + Z_2 = 30 + 75 = 105$ zw).

Zestawienie części składowych wzmacniacza:

T_1, T_2, T_3 — tranzystory typu OC71 lub TG4; TG5; TG6 5 — szt. 3

C_1 — kondensator ceramiczny o pojemności około 5000 pF (125 V) — szt. 1

C_2, C_3, C_4 — kondensatory elektrolityczne o pojemności około 4 ÷ 6 μF/6 V — szt. 3

C_5 — kondensator ceramiczny o pojemności od 30 000 pF do 50 000 pF (125 V) — szt. 1

C_6 — kondensator elektrolityczny o pojemności od 50 μF do 100 μF/12 V — szt. 1

R_1 — opornik masowy o oporności 5 kΩ/¼ W — szt. 1

R_2, R_4 — oporniki masowe o oporności 400 kΩ/¼ W — szt. 2

R_3, R_5 — oporniki masowe o oporności 3 kΩ/¼ W — szt. 1

R_6 — oporniki masowe o oporności 300 kΩ/¼ W — szt. 1

W_d, W_z — wyłączniki błyskawiczne — szt. 2

Tr — transformator głośnikowy wg opisu lub do głośnika GD29-15/3 — szt. 1

Gt — głośnik dynamiczny typu GD29-15/3 — szt. 1

B — bateria o napięciu 6 woltów — szt. 1

a poza tym:

4 gniazdka radiowe (gwintowane z nakrętkami), płytka montażowa i pudełeczko, drut montażowy, cyna itp.

Montaż i szczegóły wykonania pozostawia się pomysłowości radioamatora.

Zmontowany wzmacniacz należy następnie wypróbować, łącząc go z odbiornikiem detektorowym, **zwracając** przy tym **uwagę na połączenia odpowiednich gniazdek ze sobą** („a" — z „a"; „b" — z „b").

Prawidłowo wykonany wzmacniacz pracuje od razu bez zastrzeżeń i nie wymaga żadnej dodatkowej regulacji. Można go oczywiście obudować w estetyczne pudełko (np. z masy plastycznej) wg własnego uznania lub też zainstalować za obudową głośnika. Bateria wmontowana do wzmacniacza powinna wystarczyć na bardzo długo, co najmniej na 2—3 miesiące.

Siła głosu, z jaką wzmacniacz odtwarza audycje, zależy oczywiście od wielkości sygnału podawanego na jego wejście z odbiornika detektorowego. Dlatego też w przypadku niefunkcjonowania zestawionego układu należy przede wszystkim sprawdzić działanie samego odbiornika. Jeżeli w załączonych do niego na próbę słuchawkach nie usłyszymy nawet śladu audycji, oznacza to, że ten odbiornik należy doprowadzić do porządku. Wzmacniacz — jak sama nazwa wskazuje — służy jedynie do wzmacniania sygnałów audycji doprowadzonych do jego wejścia, natomiast nie jest w stanie odtworzyć ich z niczego.

Przy sprawnym działaniu wszystkich trzech elementów zestawionego układu można za jego pomocą uzyskać nieraz (w zależności od odległości od stacji nadawczej) reprodukcję audycji z dużą głośnością.

A teraz podam Wam prosty układ wzmacniacza m. cz., pracującego z lampami elektronowymi, zasilanego z sieci prądu zmiennego, który może dawać znacznie większą moc na głośnik.

3. Dwustopniowy, lampowy wzmacniacz sieciowy

Wzmacniacze zasilane z sieci prądu zmiennego, zwane popularnie „sieciowymi", różnią się, jak wiecie, od wzmacniaczy bateryjnych tym, że oprócz właściwego układu wzmacniającego są one wyposażone w człon zasilający, złożony przeważnie z transformatora sieciowego, lampy prostowniczej lub prostownika tzw. „suchego" i filtru wygładzającego wyprostowane napięcie. Zasilacz sieciowy konstruowany jest przeważnie jako jedna całość z układem wzmacniacza lub odbiornika (np. sieciowe odbiorniki radiofoniczne), a jedynie w szczególnych przypadkach stanowi oddzielny człon.

Jest jeszcze druga, zasadnicza różnica pomiędzy wzmacniaczem sieciowym i bateryjnym: stosowanie innych typów lamp.

Jak pamiętacie z krótkiego objaśnienia zasady pracy lampy elektronowej, źródłem emisji elektronów w jej wnętrzu jest katoda. W przypadku lamp „bateryjnych" jest nią po prostu cienkie włókno, rozgrzewane do odpowiedniej temperatury. Konstrukcja katody lampy „sieciowej", przystosowanej do zasilania prądem zmiennym, jest bardziej złożona.

Składa się ona z dwóch zasadniczych elementów: grzejnika elektrycznego, wykonanego w formie spirali z drutu oporowego oraz z właściwej katody. Ta ostatnia, wykonywana przeważnie w postaci specjalnej rurki, pokryta jest na zewnątrz odpowiednią substancją, która podgrzana do odpowiedniej temperatury emituje elektrony. Z powyższego wynika również, że obwód żarzenia nie bierze bezpośrednio udziału w pracy układu wzmacniającego. Jest to lampa tzw. „pośrednio żarzona".

Schemat ideowy jednego z układów wzmacniaczy sieciowych przedstawiony jest na rysunku 26. Jest to układ prosty i ekonomiczny, zastosowana w nim bowiem została tylko jedna nowoczesna lampa typu ECL 82. Pomimo swej prostoty układ przedstawia jednak pełnowartościową aparaturę wzmacniającą o bardzo dobrej jakości. Pamiętacie zapewne określenie „Haj-Fi" w odniesieniu do urządzeń elektroakustycznych. Jak wiadomo, mianem tym określana jest aparatura bardzo wysokiej klasy, dająca znakomite efekty dzięki wysokiej jakości, z jaką odtwarza np. reprodukcje z płyt.

Na wysoką jakość aparatury wzmacniającej składa się wiele różnorodnych czynników, wśród nich jednym z najbardziej istotnych są małe zniekształcenia wnoszone przez układ. Mówimy, że układ nie zniekształca, jeśli wzmocnione sygnały otrzymane na jego „wyjściu" mają taki sam kształt jak sygnały dostarczone do „wejścia" wzmacniacza.

A teraz krótko omówimy układ wzmacniacza.

Sygnały otrzymywane z odbiornika detektorowego, gramofonu lub mikrofonu podawane są na potencjometr R_1 o oporności około 1—2 MΩ, służący do regulacji siły głosu poprzez kondensator C_1 o pojemności 20 000 pF, czyli 20 nF. Z suwaka potencjometru wybrana część sygnałów przesyłana jest na siatkę sterującą S_T pierwszego stopnia wzmacniacza, w którym pracuje część triodowa lampy ECL 82. Z opornika ro-

Rys. 26. Schemat ideowy dwustopniowego wzmacniacza m. cz.

boczego R_3 triody o wartości 220 kΩ wzmocnione napięcia są podawane poprzez kondensator $C_2 = 20\,000$ pF do siatki sterującej S_p lampy stopnia końcowego. W tym stopniu pracuje część pentodowa tej samej lampy ECL 82. W obwodzie anodowym stopnia mocy widzimy znany nam już transformator głośnikowy *TrG*, który niewielką oporność cewki głośnika dopasowuje elektrycznie do znacznie większej oporności wewnętrznej lampy głośnikowej.

Teraz jednak skupmy na chwilę uwagę. Nasz wzmacniacz ma jeszcze jedno dodatkowe połączenie, na pierwszy rzut oka absolutnie niezrozumiałe, mianowicie: napięcia z wtórnego uzwojenia transformatora głośnikowego są doprowadzane poprzez opornik $R_s = 33$ kΩ z powrotem do opornika katody R_T pierwszego stopnia wzmacniacza. Jest to obwód tzw. „ujemnego sprzężenia zwrotnego".

Dzięki temu, że odpowiednio kieruje się część sygnałów z „wyjścia" wzmacniacza z powrotem, redukuje się częściowo występujące zniekształcenia odtwarzanych dźwięków przez głośnik. Odtwarzane dźwięki cechuje wówczas duża „wierność" i brak zniekształceń. Niewielka pojemność $C_s = 100$ pF, równolegle włączona do opornika sprzężenia zwrotnego $R_s = 33$ kΩ, bocznikuje go dla wielkich (a praktycznie zwiera dla bardzo wielkich) częstotliwości akustycznych. Zapewnia to stabilną pracę wzmacniacza (bardzo silne sprzężenie zwrotne) i zapobiega powstaniu niepożądanych oscylacji na ponaddźwiękowych częstotliwościach.

Podobną rolę spełnia kondensator $C_g = 2000$ pF, bocznikujący pierwotne uzwojenie transformatora wyjściowego; zwiera on także napięcia wyższych częstotliwości akustycznych. Wartość tej pojemności decyduje o barwie tonu naszego wzmacniacza, dlatego też powinna ona być dobierana indywidualnie.

Do montażu wzmacniacza będą nam potrzebne następujące elementy:

Lampa typu ECL 82	— 1 szt.
Podstawka typu „Noval"	— 1 „
Potencjometr logarytmiczny R_1 z wyłącznikiem sieciowym *W* (od odbiornika „Figaro") — 1÷2 MΩ	— 1 „
Kondensatory:	
20 nF/250 V — styrofleksowy — (C_1; C_2)	— 2 „
4 μF/250 V — elektrolityczny	— 1 „
25 μF/25 V — elektrolityczny	— 1 „
2 × 50 μF/350 V — elektrolityczny	— 1 „
2000 pF/250 V — styrofleksowy — (C_g)	— 1 „
100 pF — ceramiczny — (C_s)	— 1 „
Oporniki:	
220 kΩ/0,5 W (R_3)	— 1 szt.
33 kΩ/0,25 W (30—40 kΩ)	— 2 „
820 kΩ/0,25 W (0.82 MΩ)	— 1 „
300 Ω/1 W (R_T)	— 1 „
2 kΩ/1 W	— 1 „
2 kΩ/3—5 W — (R_F)	— 1 „
Transformator sieciowy (wg opisu) — *TrS*.	— 1 „
Prostownik selenowy, np. od odbiornika „Figaro"	— 1 „
Transformator głośnikowy, np. typ „Figaro" lub do głośnika GD18-13/2	— 1 „
Głośnik typu GD 18-13/2	— 1 „
Gniazdka radiowe z nakrętkami,	— 4 szt.,

a ponadto sznur sieciowy z wtyczką, blacha aluminiowa na chassis oraz drobne elementy montażowe.

Wszystkie części potrzebne do montażu wzmacniacza są zawsze łatwo osiągalne. Nieco kłopotu może być jedynie z zasilającym transformatorem sieciowym — *Tr S*.

Transformator sieciowy powinien zawierać dane:

— uzwojenie pierwotne (sieciowe) — 220 V,

— uzwojenie wtórne (anodowe) — 200÷220 V,

— uzwojenie żarzenia — 6,3 V.

Możliwe jest również zastosowanie samodzielnie wykonanego transformatora, jeśli ktoś dysponuje odpowiednimi materiałami. Należy wówczas użyć rdzenia o przekroju środkowej kolumny około 8 cm² i wykonać trzy uzwojenia:

— pierwotne (220 V) z 1100 zwojów; drut nawojowy w emalii Ø 0,35 mm,

— wtórne z 1000 zwojów; drut w emalii Ø 0,15 mm,

— żarzeniowe z 32 zwojów; drut w emalii Ø 0,6 mm.

Transformator głośnikowy *Tr G* można również wykonać samodzielnie.

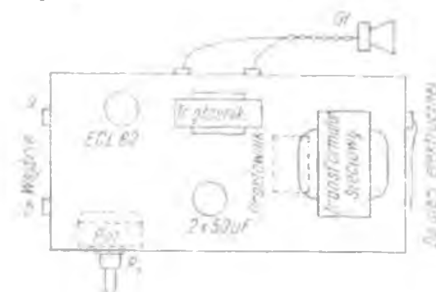
Dane transformatora:

— rdzeń o przekroju środkowej kolumny około 3 cm²,

— uzwojenie pierwotne: 2100 zwojów; drut w emalii Ø 0,15 mm,

— uzwojenie wtórne: 56 zwojów; drut w emalii Ø 0,5 mm.

Montaż wzmacniacza najlepiej rozpocząć od wykonania metalowej podstawy. Schemat montażowy układu jak również wykrój blachy dla chassis nie są podane. Jest to słuszne przede wszystkim dlatego, że w praktyce nie jest możliwe skompletowanie elementów o identycznych jak w opisie rozmiarach. W szczególności kłopoty te dotyczą kondensatorów elektrolitycznych, które bywają w najrozmaitszych wykonaniach i rozmiarach. Bardzo pomocny natomiast może się okazać rysunek 27, przedstawiający rozmieszczenie głównych części składowych.



Rys. 27. Orientacyjne rozmieszczenie głównych części składowych na podstawie wzmacniacza m. cz.

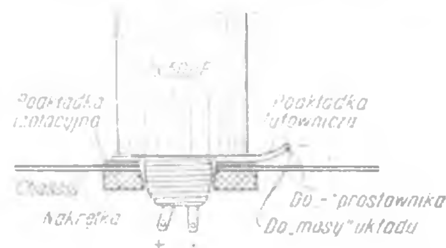
W celu ustalenia wymiarów metalowej podstawy należy odpowiednio usytuować wszystkie zasadnicze elementy składowe wzmacniacza na karcie papieru i rozrysować na niej linie cięcia i wyginania blachy jak również rozmieszczenie i rozmiary otworów do montażu poszczególnych części. Dla uniknięcia pomyłek wskazane jest wstępne wykonanie modelu chassis z tektury, zbadanie jego przydatności, a następnie przeniesienie jego rozmiarów na blachę.

Montaż wzmacniacza najlepiej rozpocząć od zamocowania wszystkich większych elementów, jak: transformatory, elektrolity, potencjometr, podstawka lampowa, gniazdka radiowe i prostownik selenowy. Odnośnie tego ostatniego

należy pamiętać, że suche elementy prostownicze (ale tylko nowoczesnej konstrukcji) są przystosowane do umocowania ich bezpośrednio na „chassis". W ten sposób metalowa obudowa prostownika może odprowadzać ciepło powstające w jego wnętrzu do dużej masy, jaką jest „chassis" aparatu. Niewłaściwe zamocowanie elementu prostowniczego, np. w powietrzu lub na płytce niemetalicznej (zły przewodnik ciepła), może doprowadzić do jego przegrzania i zniszczenia. Dawne suche prostowniki w postaci stosu muszą być umocowane ponad metalową podstawą (chassis) aparatu, nie mogą bezpośrednio się z nią stykać.

Po mechanicznym umocowaniu wszystkich większych elementów przeprowadzamy montaż elektryczny układu. Obowiązuje — jak zwykle — poprawne i staranne lutowanie, co pozwoli nam uniknąć wielu kłopotów podczas eksploatacji wzmacniacza. Przewody łączące poszczególne elementy powinny być możliwie krótkie; oporniki i kondensatory małych rozmiarów, doprowadzane do elektrod lampy, lutujemy wprost do styków podstawki lampowej. Przewód uziemiający wykonujemy z grubego, o średnicy co najmniej 1 mm, drutu miedzianego. Powinien on najkrótszą drogą łączyć jedno z gniazdek „wejściowych" (b), skrajny (lewy) biegun potencjometru, metalowy trzpień podstawki lampowej i obudowę elektrolitu.

Przewód ten łączymy z podstawą wzmacniacza w jednym punkcie, np. za pomocą śruby mocującej podstawkę lampową i podkładki lutowniczej. Właściwe zamocowanie i podłączenie kondensatora elektrolitycznego jest pokazane na rysunku 28. Przewody żarzenia, izolowa-



Rys. 28. Sposób umocowania kondensatora elektrolitycznego 2 × 50 μF

ne i skręcone razem, układamy bezpośrednio na blasze „chassis". Inne połączenia, w szczególności przewody w obwodach siatek sterujących, powinny przebiegać z dala od podstawy i innych elementów.

Montaż wzmacniacza wykonujemy początkowo niekompletnie; mianowicie bez podłączenia obwodu sprzężenia zwrotnego (33 kΩ, 100 pF). Sprawdzamy zgodność wykonanych połączeń ze schematem ideowym, szczególnie w części zasilającej (biegunowość prostownika uwidoczniona jest na schemacie rys. 26, jak również oznaczona na elemencie prostowniczym), po czym załączamy układ do sieci — na razie bez lampy ECL 82 w jej podstawce. Jeśli moment włączenia „przeszedł" spokojnie, bez jakichkolwiek niepokojących oznak (buczenie, trzaski, dym itp.), oznacza to, że nie popełniliśmy w trakcie montażu poważniejszych błędów. Możemy wówczas — jeśli dysponujemy jakimś przyrządem pomiarowym — przystąpić do sprawdzenia napięć zasilających. W razie braku przyrządu należy poprzestać na krótkiej obserwacji i stwierdzeniu, że żaden z elementów nie nagrzewa się, po czym wyłączamy wzmacniacz.

Z kolei załączamy głośnik w odpowiednie gniazdka oraz wkładamy lampę w jej podstawkę (ostrożnie, aby nie powyginać delikatnych nóżek). Po powtórnym załączeniu powinniśmy stwierdzić powolne rozżarzanie katody do koloru pomarańczowego. Jednocześnie w głośniku powinien być słyszalny delikatny przydźwięk i szum (ucho w bezpośredniej bliskości głośnika). Sprawdzamy działanie potencjometru regulującego siłę głosu, obracając jego osią; „minimum głośności" osiąga się w skrajnym lewym ustawieniu pokrętła.

Teraz możemy już przystąpić do wypróbowania wzmacniacza: do gniazdek wejściowych doprowadzamy jakiś sygnał akustyczny, np. z adaptera lub odbiornika detektorowego i oceniamy „na słuch" jakość odbioru. Jeśli wzmacniacz został wykonany poprawnie i przy użyciu elementów o dobrej jakości, powinniśmy od razu uzyskać jak najbardziej zadowalające wyniki.

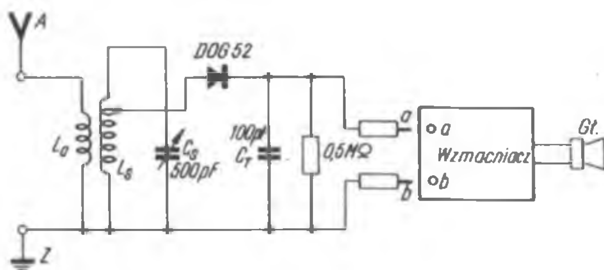
Przy dołączaniu odbiornika kryształkowego do wzmacniacza należy uważać, aby były ze sobą połączone gniazdka odpowiednio oznaczone na schematach (*a* z *a* oraz *b* z *b*). Inne niż takie połączenie odbiornika ze wzmacniaczem uniemożliwi odbiór i wzmacnianie audycji.

Ostatnią czynnością będzie podłączenie ujemnego sprzężenia zwrotnego. Należy zrobić to na razie prowizorycznie, to znaczy bez przyłączenia na stałe do wtórnego uzwojenia transformatora głośnikowego, gdyż musimy przede wszystkim ustalić właściwą fazę napięcia pobieranego z tego uzwojenia. Zabieg ten wykonujemy podczas pracy urządzenia, dlatego też należy zachować jak największą ostrożność, aby uniknąć niezbyt przyjemnego i niebezpiecznego dotknięcia do elementów znajdujących się pod napięciem.

Przygotowany układ R_s—C_s sprzężenia zwrotnego przyłączamy na bardzo krótką chwilę do nieuziemionej końcówki wtórnego uzwojenia transformatora głośnikowego i obserwujemy zachowanie się aparatury. Jeśli z głośnika odezwie się silny warkot lub wycie, należy natychmiast sprzężenie zwrotne odłączyć, bowiem grozi to uszkodzeniem głośnika. Takie „niespokojne" zachowanie się aparatury świadczy o niewłaściwym podłączeniu gałęzi sprzężenia zwrotnego, które — jak nietrudno się domyślić — jest w tym przypadku „dodatnie" i doprowadza do samowzbudzenia się układu. W takiej sytuacji należy odwrócić połączenie końcówek wtórnego uzwojenia transformatora głośnikowego, to znaczy — uziemić wolną dotychczas końcówkę, zaś napięcie sprzężenia zwrotnego pobierać z drugiej końcówki (obecnie dołączonej do „masy").

Przy poprawnie dobranej fazie napięcia pobieranego z wtórnego uzwojenia transformatora głośnikowego powinniśmy w momencie dołączania gałęzi sprzężenia zwrotnego usłyszeć w głośniku jedynie bardzo lekkie stuknięcie. Jednocześnie powinna nieco zmniejszyć się siła głosu i dotychczas lekko słyszalny szum i przydźwięk.

W przypadku gdyby wzmacniacz wzbudzał się niezależnie od fazy napięcia sprzężenia zwrotnego, pobieranego z wtórnego uzwojenia



Rys. 29. Zestaw do odbioru audycji transmitowanych przez radiostację lokalną

transformatora głośnikowego, co może mieć miejsce przy niezbyt poprawnym montażu układu lub niewłaściwym transformatorze wyjściowym, należy wylutować kondensator $C_s = 100$ pF bocznikujący opornik $R_s = 33$ kΩ w gałęzi sprzężenia zwrotnego.

Jakość reprodukcji jest trudna do oceny „na słuch", lecz niewątpliwie da się zauważyć, że z włączonym ujemnym sprzężeniem zwrotnym wzmacniacz pracuje jak gdyby bardziej „miękko" i czysto.

Jakość reprodukcji, którą uzyskamy za pomocą naszej aparatury wzmacniającej, jest również zależna od pozostałych elementów zestawu, a mianowicie — od głośnika i źródła audycji. Dla uzyskania niezłych wyników, głośnik należy zamontować na ekranie o odpowiednich rozmiarach.

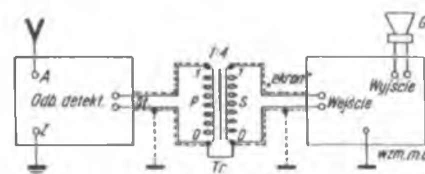
Odbiór audycji radiostacji lokalnej za pomocą zestawu, przedstawionego na rysunku 29, będzie się odznaczał bardzo dobrą jakością, lepszą od normalnie spotykanej.

Ze względu na prostotę układu wzmacniacz nasz nie jest wyposażony w regulator barwy tonu, który spotykany jest zazwyczaj w aparaturze bardziej rozbudowanej. Właściwe brzmienie audycji można dobrać w zależności od indywidualnego gustu przez zmianę kondensatora C_g o pojemności 2000 pF, przyłączonego do pierwotnego uzwojenia transformatora głośnikowego, na inną w granicach 1000÷5000 pF. Oczywiście, większa pojemność bardziej bocznikuje wysokie tony, dając tzw. „ciemną" barwę audycji.

— — —

Jeżeli opisany wzmacniacz ma służyć do wzmacniania audycji odbieranych aparatem detektorowym lub wykonywanych przed mikrofonem, to można zastosować między wzmacniaczem a odbiornikiem lub mikrofonem transformator tzw. „międzylampowy", który podwyższy otrzymywane z nich słabe napięcia o częstotliwościach akustycznych i dopasuje pod względem elektrycznym ich obwody wyjściowe do obwodu wejściowego wzmacniacza.

Dla aparatu kryształkowego transformatorek międzylampowy może mieć „przekładnię" 1 : 6 lub 1 : 4 (przekładnia ta wyraża stosunek ilości zwojów uzwojenia pierwotnego do ilości zwojów w uzwojeniu wtórnym. Uzwojenie pierwotne włącza się wtedy do gniazdek słuchawko-

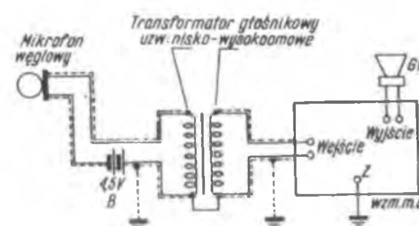


Rys. 30. Połączenie odbiornika detektorowego ze wzmacniaczem m. cz. za pomocą transformatora

wych aparatu kryształkowego, wtórne zaś — do wejścia wzmacniacza, według schematu pokazanego na rysunku 30.

Jeżeli mikrofon jest typu „węglowego" (lub dynamiczny) o małej oporności, to przyłącza się go do wzmacniacza również przez transformator. Transformator ten może być typu „głośnikowego", czyli taki sam lub podobny, jaki stosuje się do głośnika dynamicznego.

Uzwojenie niskoomowe takiego transformatora, które przyłączane bywa zwykle do cewki drgającej głośnika, łączy się wtedy z końcówkami mikrofonu; wysokoomowe zaś (włączane do „wyjścia" wzmacniacza lub aparatu) — z „wejściem" wzmacniacza.



Rys. 31. Połączenie mikrofonu węglowego ze wzmacniaczem m. cz. za pomocą transformatora głośnikowego

Ze schematu na rys. 31 widzimy, że w obwodzie mikrofonu znajduje się bateryjka elektryczna (*B*). Potrzebna jest ona do działania mikrofonu węglowego i może być typu używanego do latarki kieszonkowej, o napięciu od 3 do 4,5 V.

Tak bateryjka jak i transformator powinny być umieszczone możliwie blisko mikrofonu. Izolowane przewody między aparatem detektorowym lub mikrofonem i transformatorem oraz między nim a wzmacniaczem powinny być umieszczone w metalowej i uziemionej siatce — „ekranie".

Dobre ekranowanie tych przewodów wpłynie korzystnie na czystość odtwarzanych audycji.

Zakończenie

No tak, moi Drodzy. Zapoznałem Was z wieloma podstawowymi wiadomościami z tak ciekawej dziedziny wiedzy, jaką jest „Radio". Wiadomości te co prawda są bardzo pobieżne, lecz mimo to na pewno się Wam przydadzą w przyszłości, a może nawet będą zachętą do dalszego pogłębiania wiedzy z zakresu radiotechniki i przyczynią się do zajęcia się radioamatorstwem?

Na pewno Panie Profesorze. Spróbujemy nawet zmontować sobie aparacik detektorowy i wzmacniacz małej częstotliwości — krzyknęły dzieci.

Dziękujemy bardzo Panu Profesorowi za włożony trud, lecz pragnęlibyśmy również podobnie zapoznać się z zasadami nadawania, przesyłania i odbioru obrazu telewizyjnego — dodał Wojtuś.

Drogi chłopcze — zakończył pan profesor — obiecuję Wam, że omówię z Wami różne zagadnienia związane z „Telewizją", a nasze pogadanki nazwiemy „ABC — telewizji".